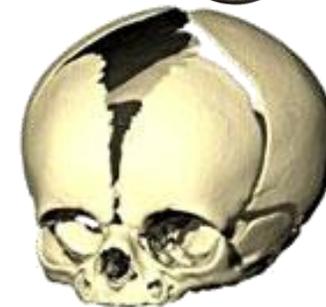
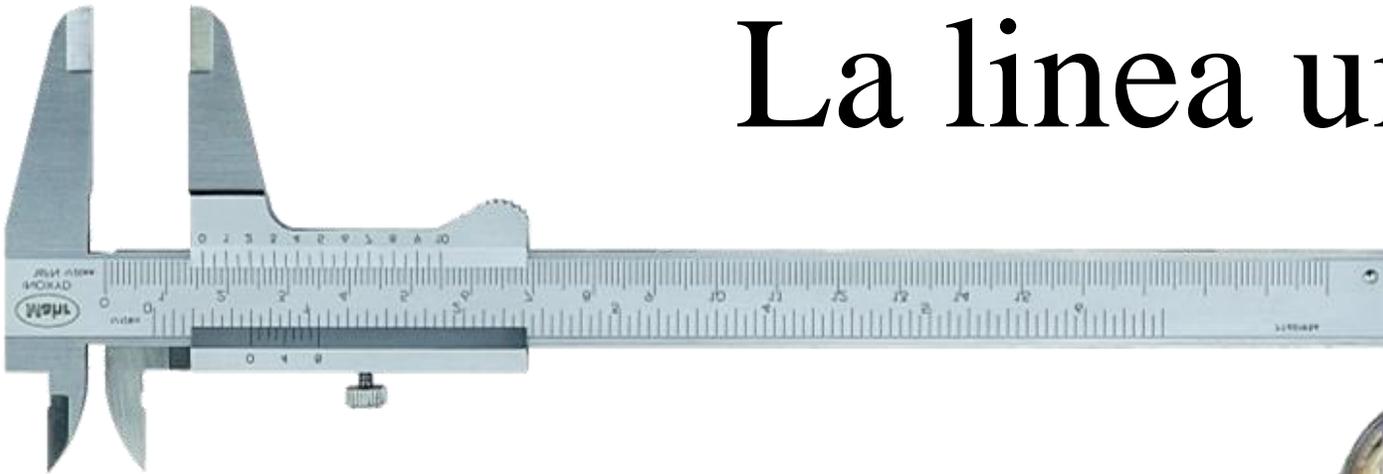


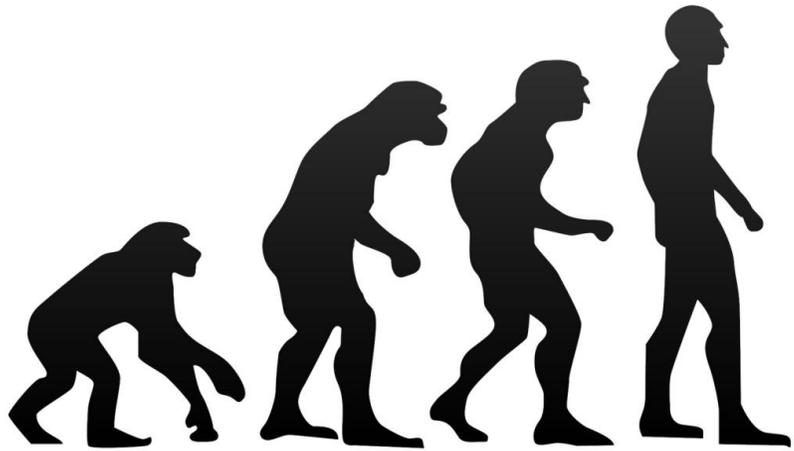


Metodologie di Studio in Paleoantropologia La linea umana



Julie Arnaud

julie.arnaud@unife.it



Paleoantropologia / Paleontologia umana

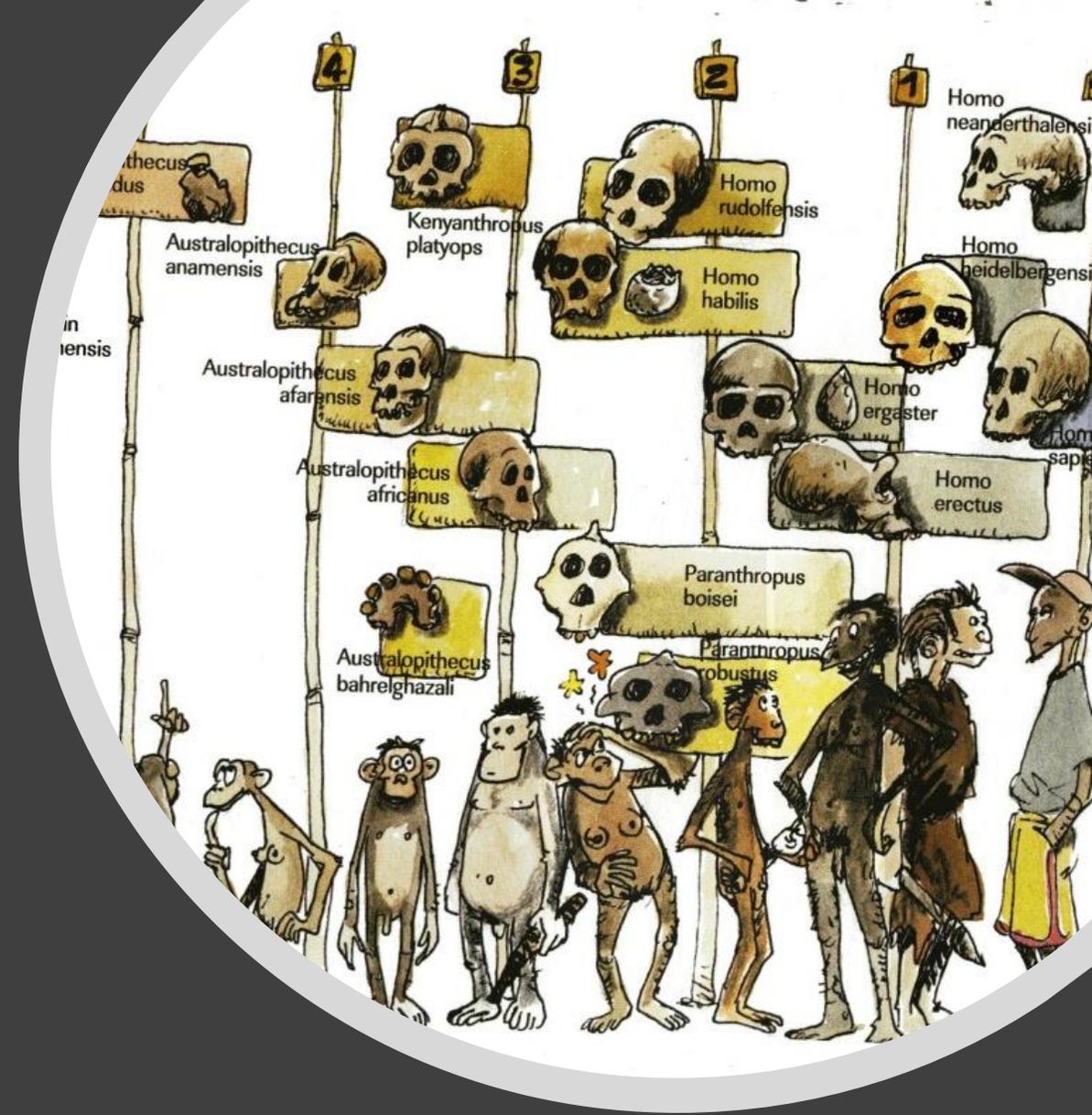
Definizione

Paleoantropologia o Paleontologia umana è una disciplina dell'antropologia nata dallo studio dei resti fossili dell'uomo e dei tipi umani ormai estinti (*wikipedia*)

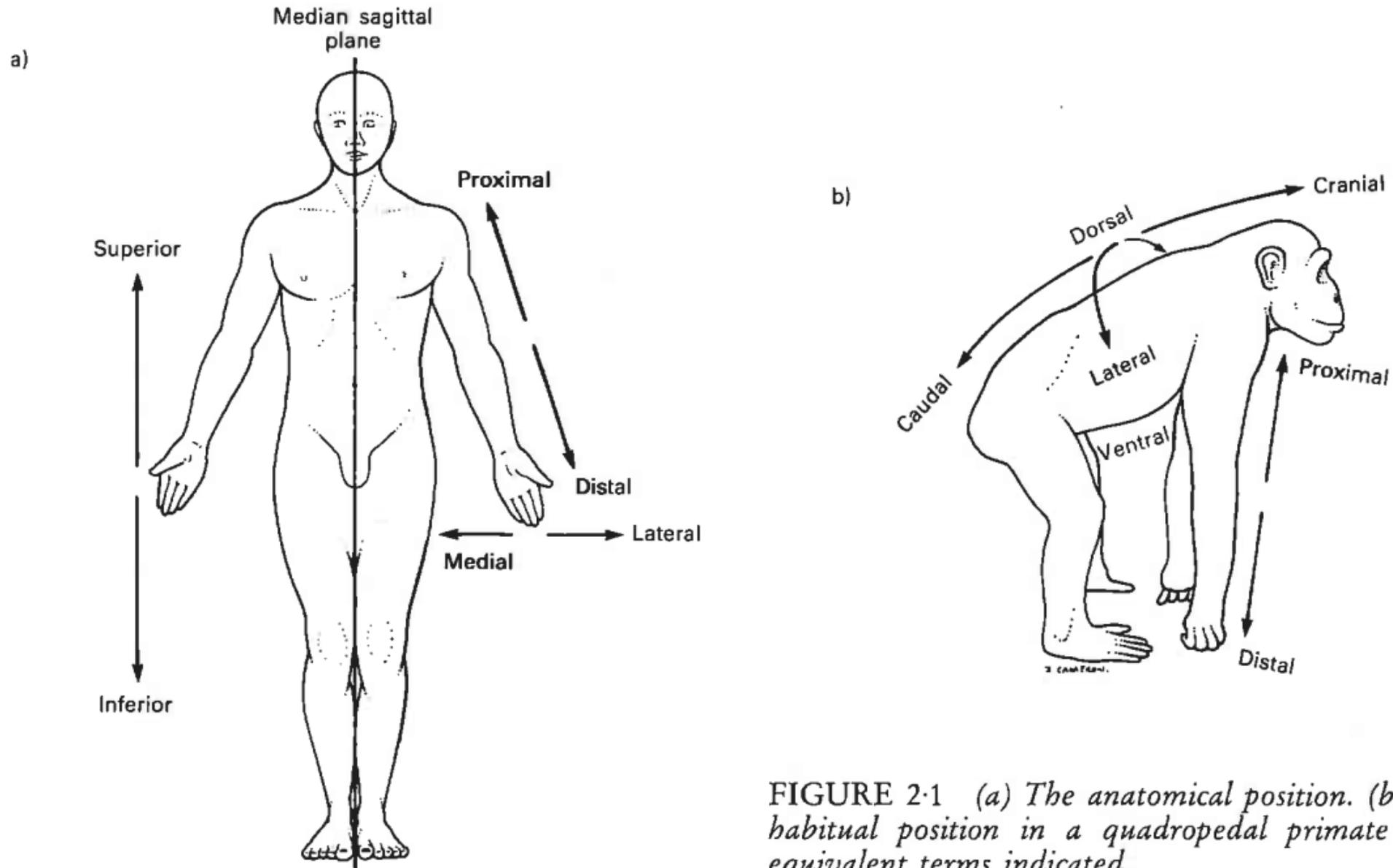
Paleoanthropology is the branch of physical anthropology (often called biological anthropology) that focuses on the study of human evolution, tracing the anatomic, behavioral and genetic linkages of pre-humans from millions of years ago up to modern times (wikipedia)

Definizione

- « La paleoantropologia è la disciplina dell'antropologia che si impegna a scoprire e analizzare i resti fossili e archeologici documentando i ultimi 10 a 15 milioni d'anni [...]. »
- « [...] l'antropologia è lo studio dei essere umani in una prospettiva biologica, sociale, culturale e preistorica. » (Mann, 2005)
- « *Paleoanthropology is the branch of anthropology that focuses on research and analysis of fossil and archaeological remains of the last 10 – 15 millions of years [...].* »
- « [...] *anthropology is the study of human beings from the biological, social, cultural and prehistoric perspectives.* » (Mann, 2005)

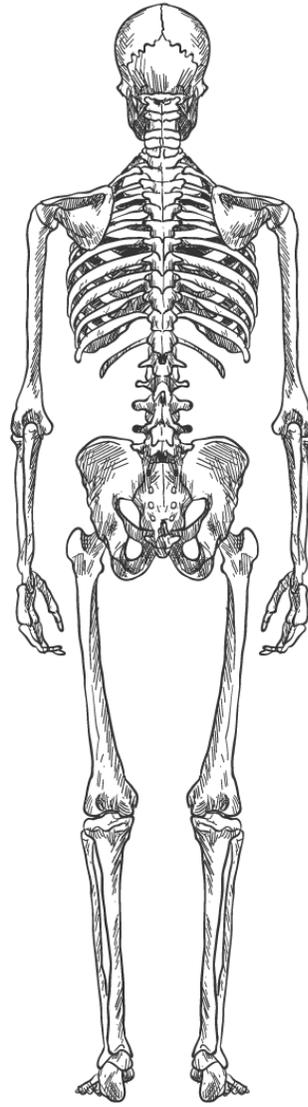
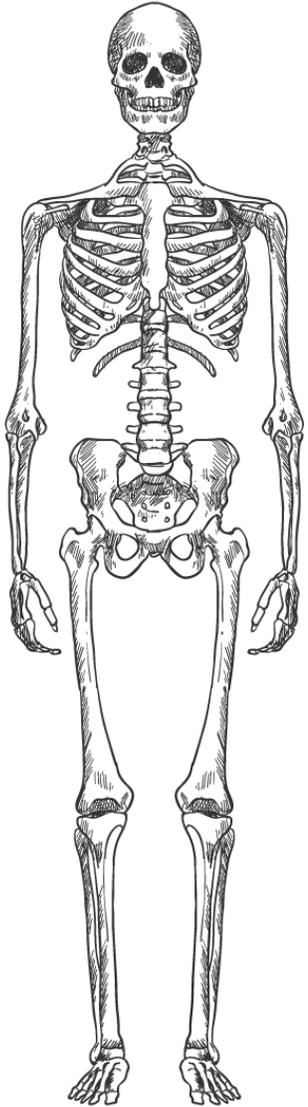


Materiale di Studio - Lo scheletro Umano



Lo scheletro Umano

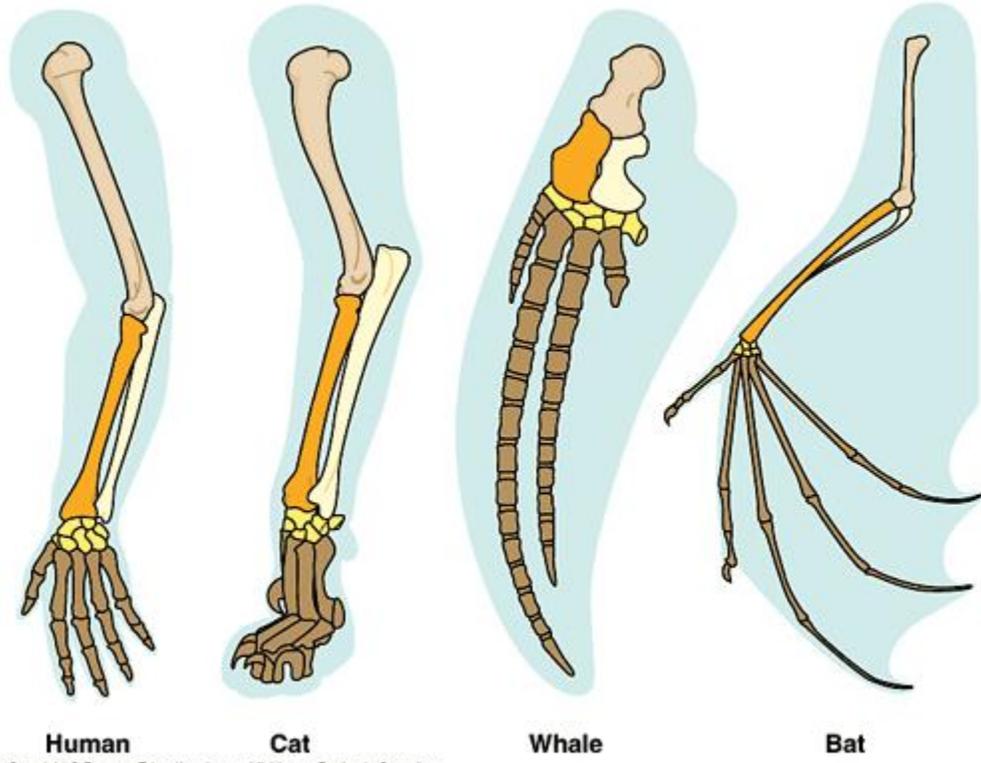
- Più di 200 ossa articolati (+ ossa dell'orecchio e mano/piedi)
- Rachide: Colonna vertebrale
- 32/33 vertebre
- Coste e sterno
- Testa ossea (cranio, mandibola e denti)
- Arti (superiori e inferiori)
- Cinto (scapolare e pelvico)



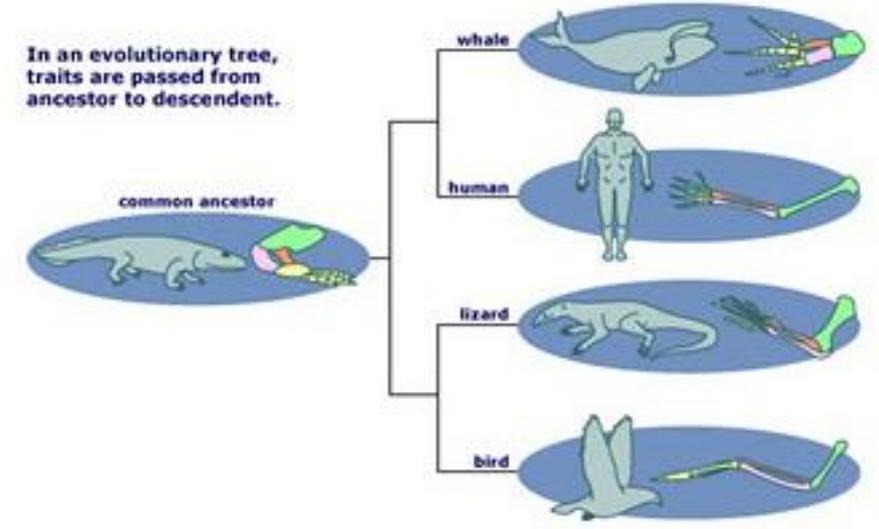
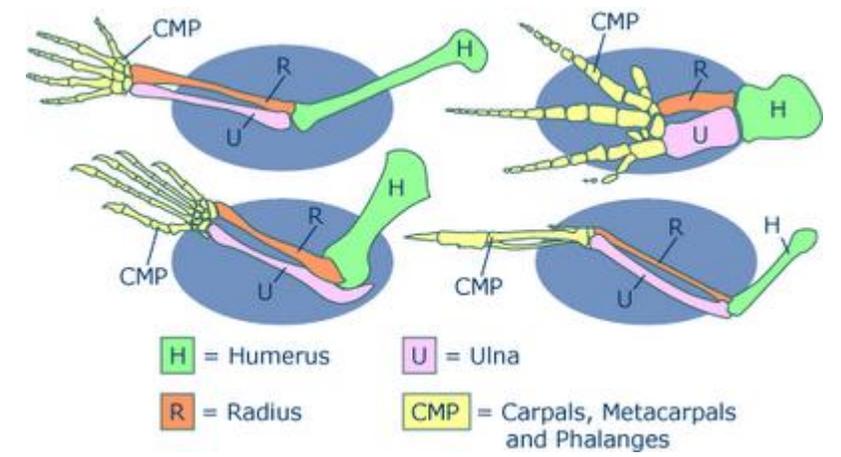
Qualche nozioni generali

Omologia vs analogia

Omologia = similitudine ereditata da un antenato comune



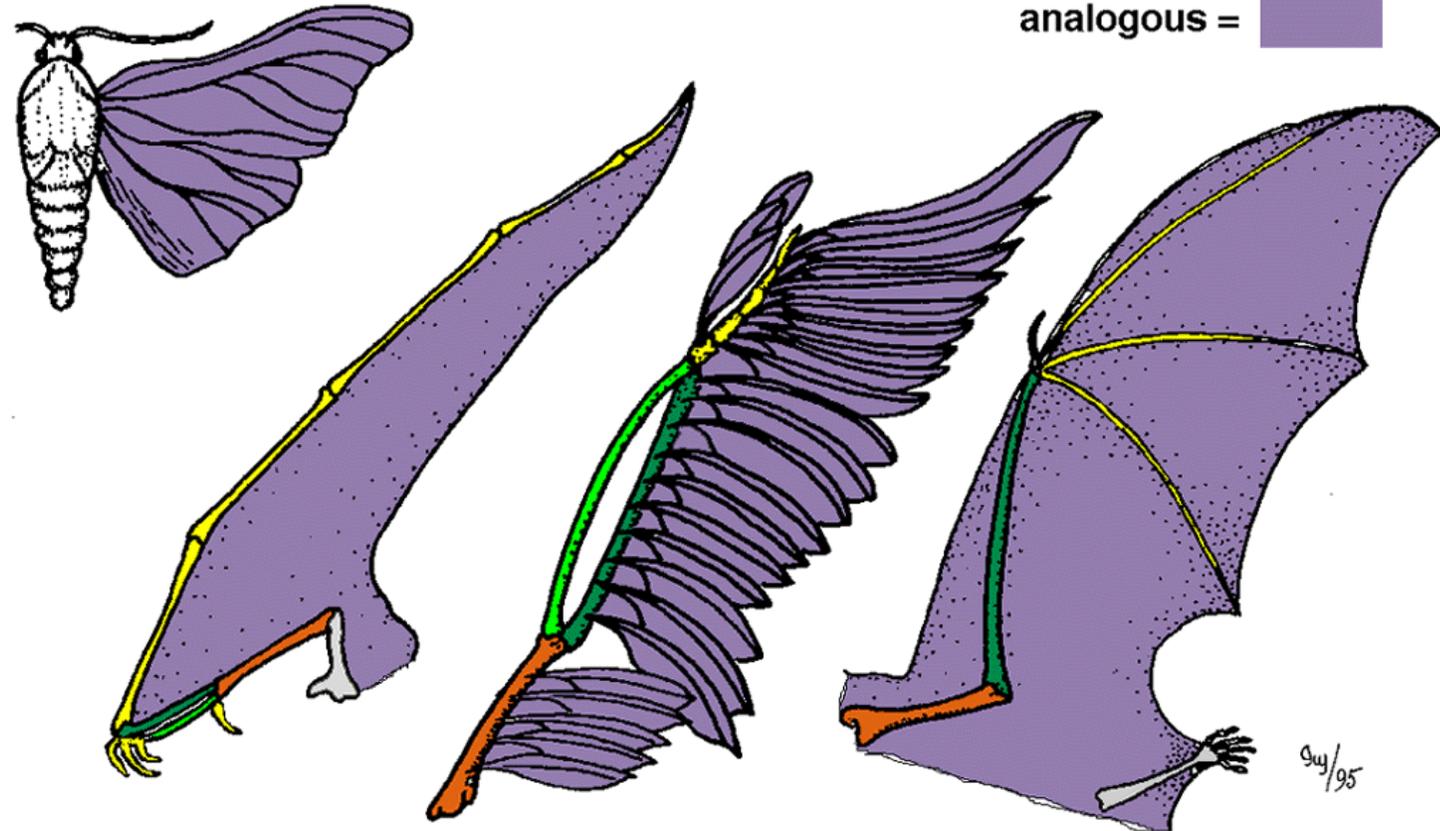
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Omologia vs analogia

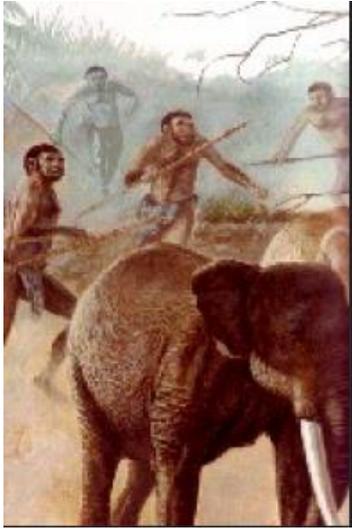
Analogia = similitudine dovuta ad una convergenza evolutiva

Ali dei insetti, Pterodattili, uccelli, pipistrelli



Tafonomia

La **tafonomia** è la disciplina della paleontologia che studia i processi che intervengono dopo la morte di un organismo fino alla fossilizzazione.



Biocenosi



Tanatocenosi: resti organici



Fossili



Collezione



Predazioni, Accidenti,
Malattie, invecchiamento



Carrognaggio, trasporti (acqua),
calpestamento, seppellimento,
dissoluzione, mineralizzazione



Erosione, collezione-
scavo, preparazione,
restauro

Quello che rimane...



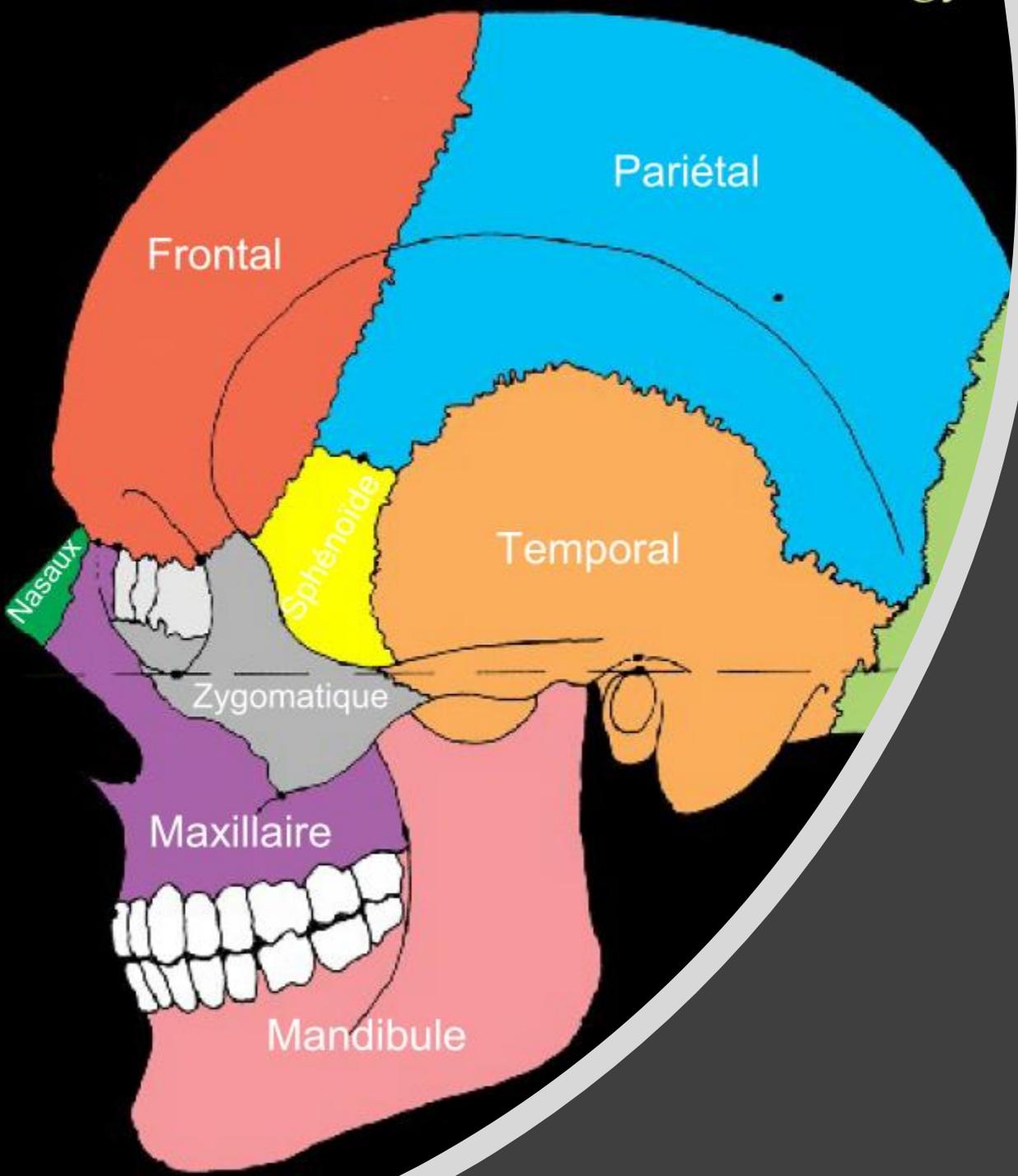
Venosa 1: vista anteriore, laterale, posteriore, mesiale (mod. da Belli et al. 1991).

Venosa 1 (Notarchirico, ~500ka):
Diafisi di femore

Le ossa lunghe sono facilmente frammentabili, questi frammenti sono difficile da determinare e portano poche informazione morfologiche diagnostiche (tassonomia, filogenia..)

Le parte epifisale che danno delle informazione morfologiche e funzionale sono molto fragile e raramente preservate.

Fortunatamente, una parte delle ossa del cranio e i denti sono più robuste e più spesso preservati e riconosciuti sullo scavo.

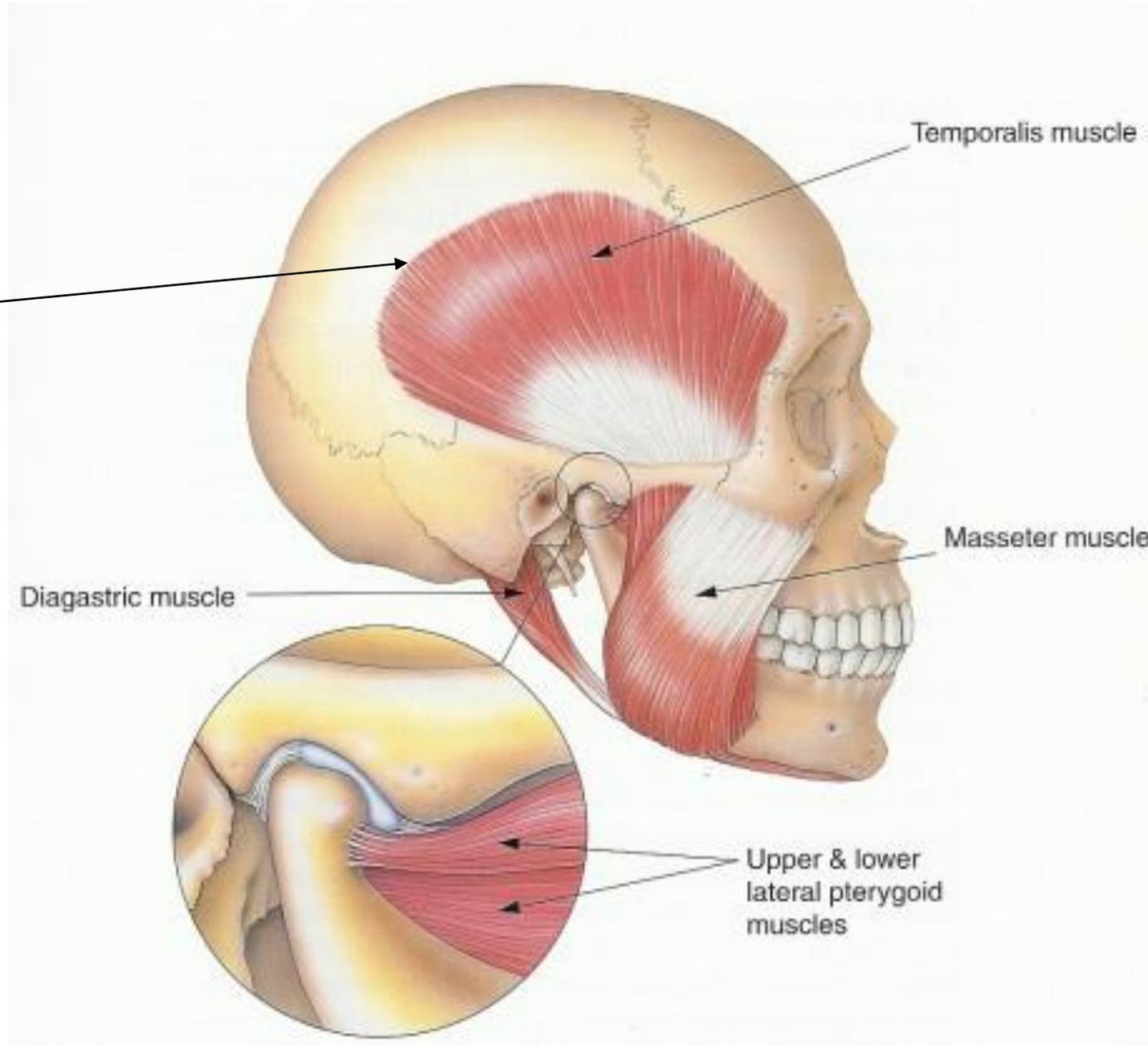


Caratteri morfologici
e strutture
anatomiche

Caratteri morfologici e strutture anatomiche

Muscoli masticatori

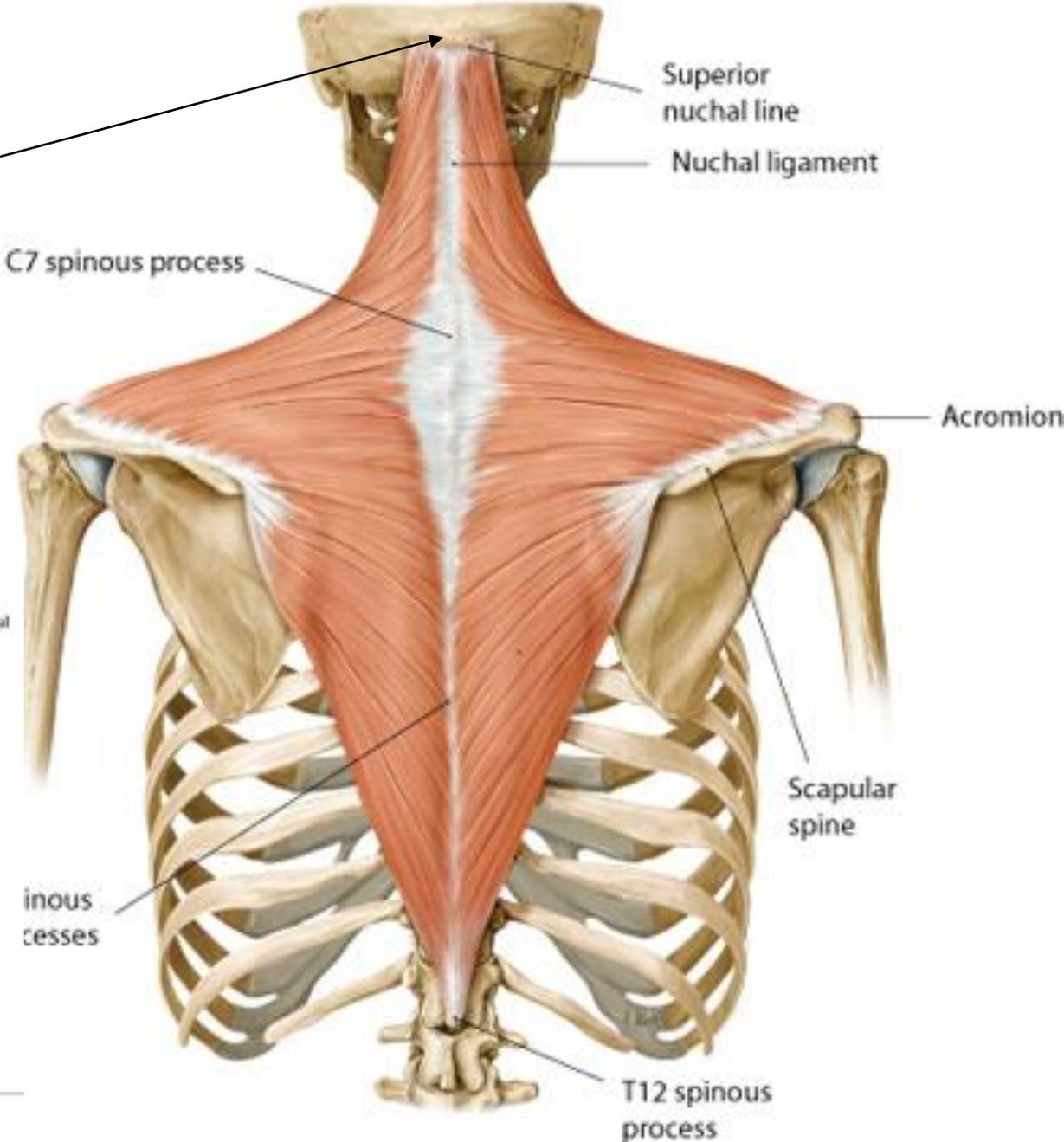
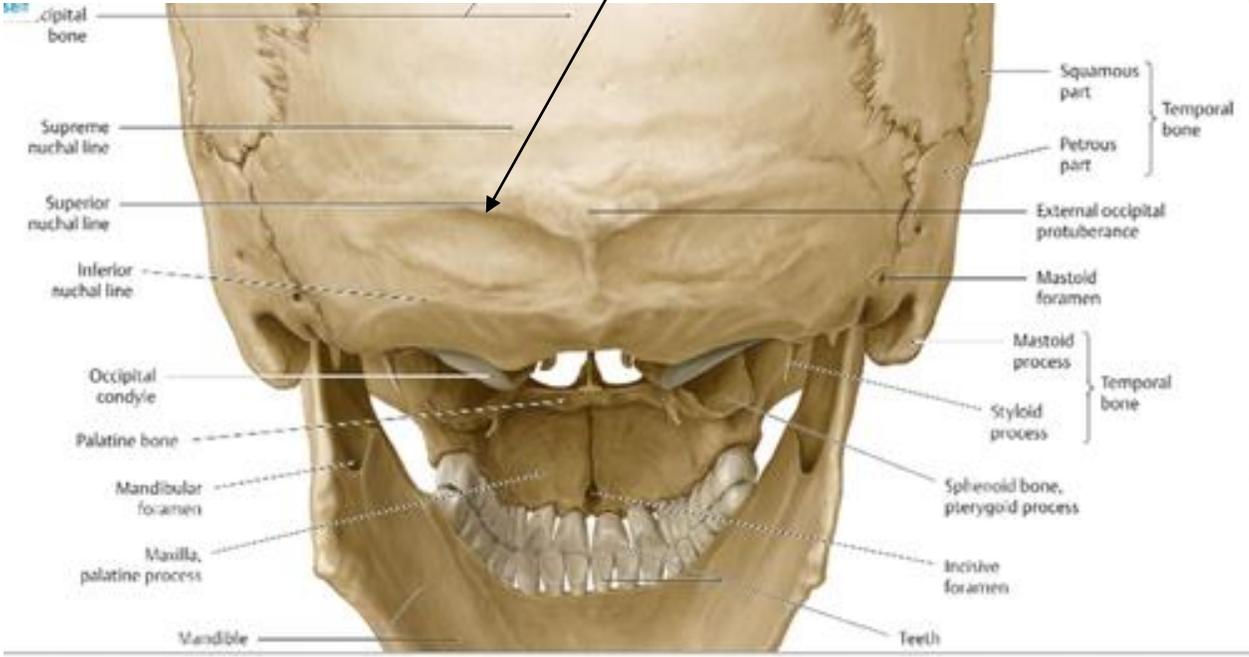
Linea temporale

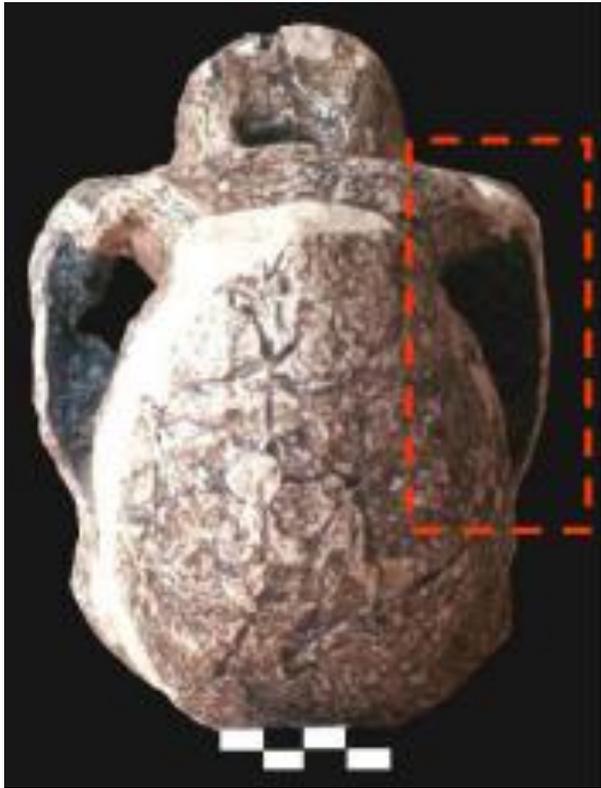


Caratteri morfologici e strutture anatomiche

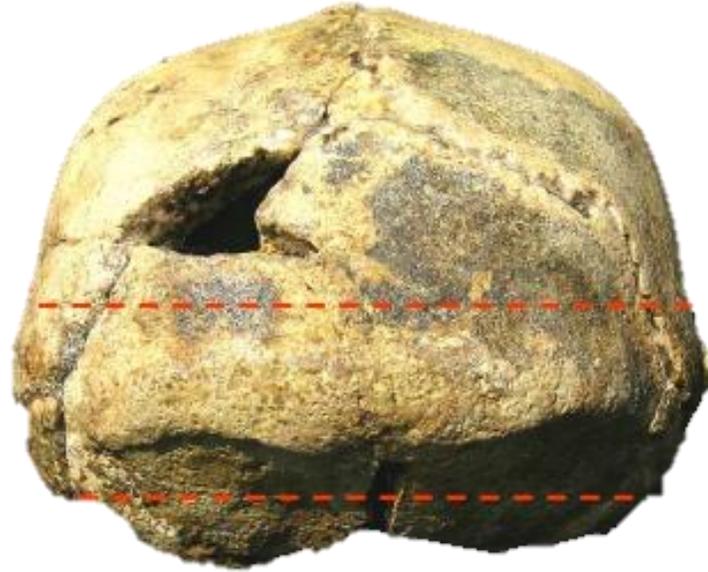
Muscoli del collo

Linea nucale





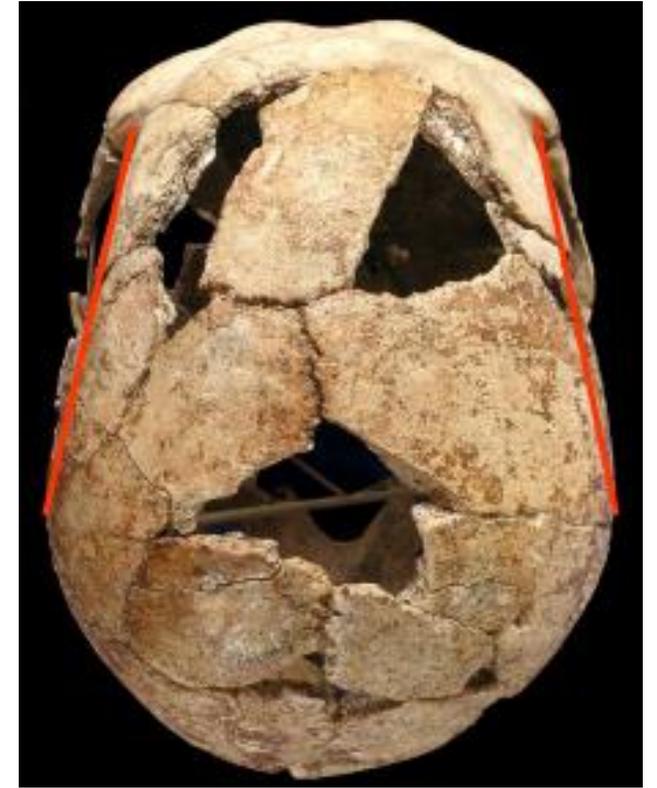
Proiezione laterale dei zigomatici



Toro occipitale trasverso

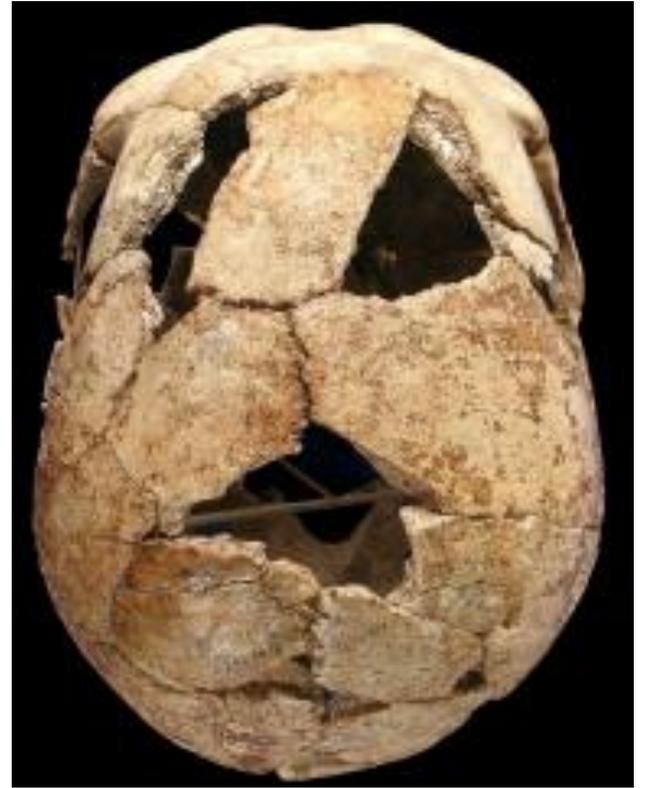
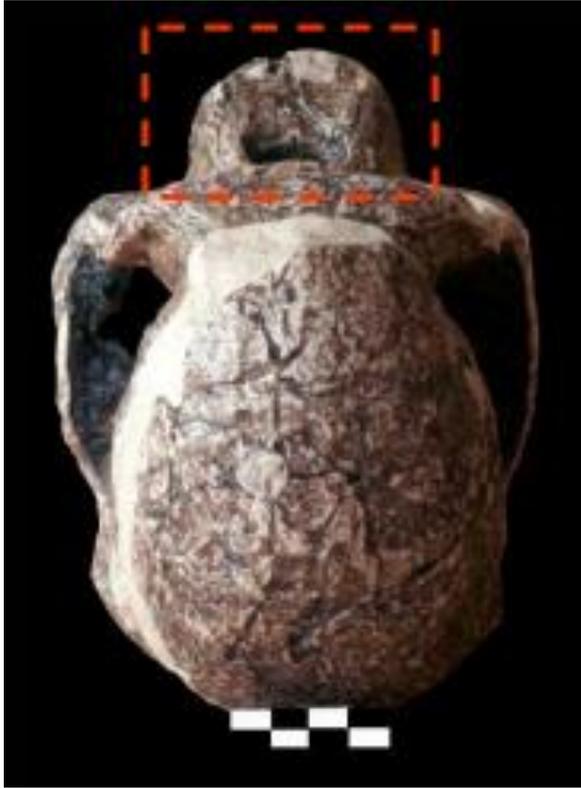


Parete convergente verso l'avanti: forma sfenoide

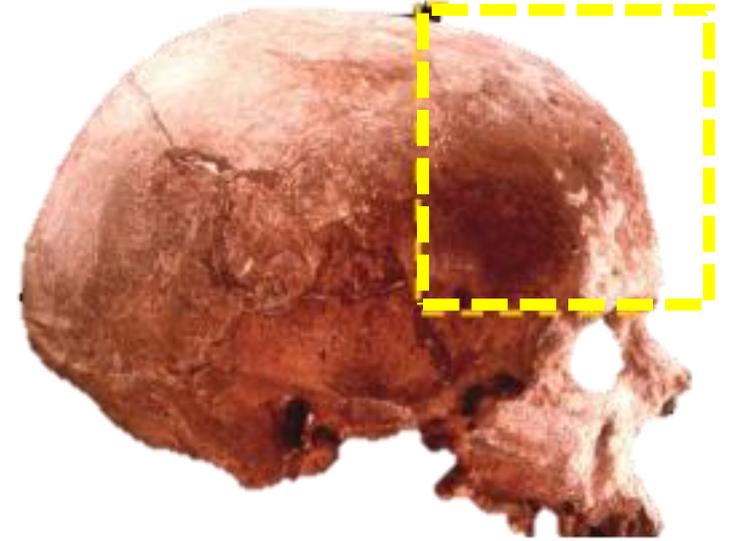
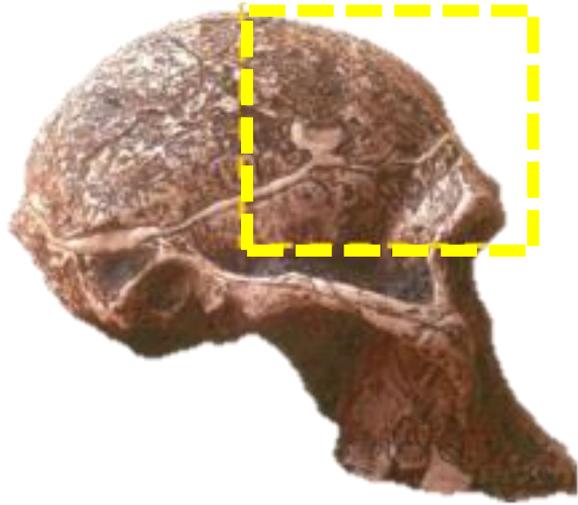


Parete convergente quasi-parallele:
forma ovoidea

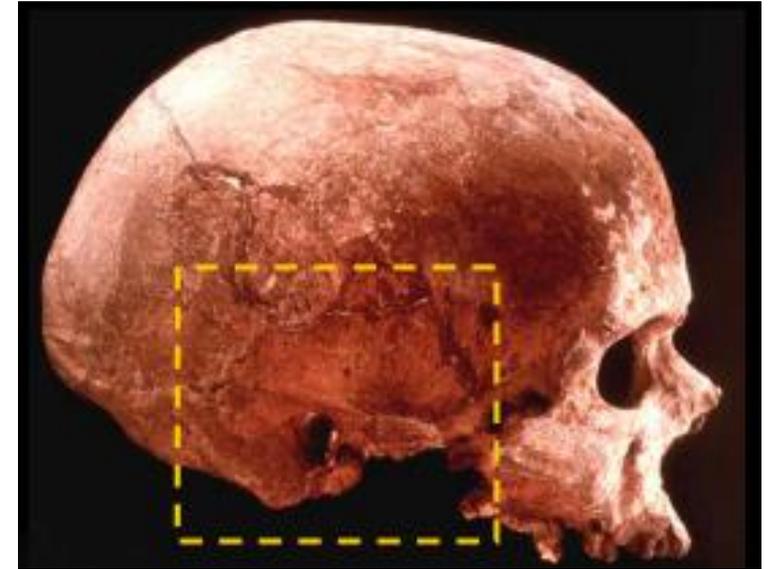
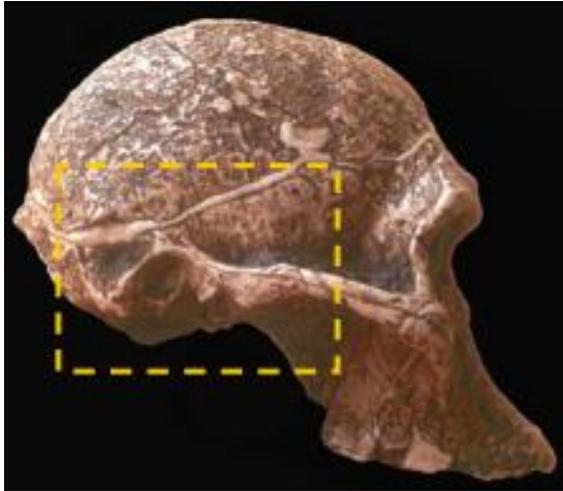
Forma del cranio in vista superiore



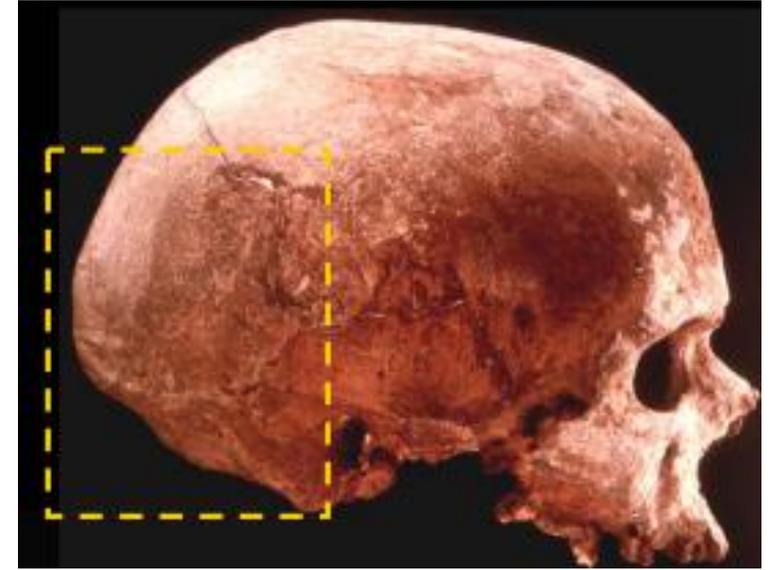
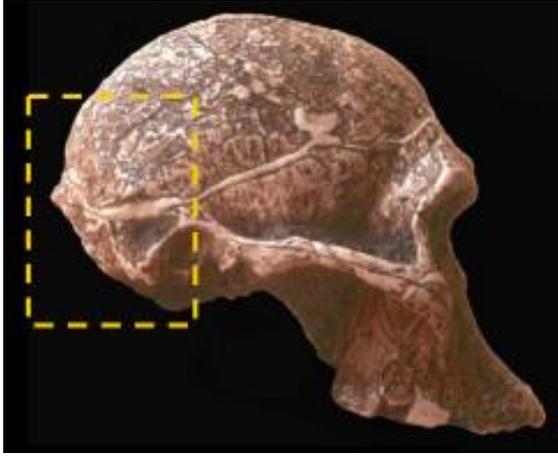
Prognatismo faciale



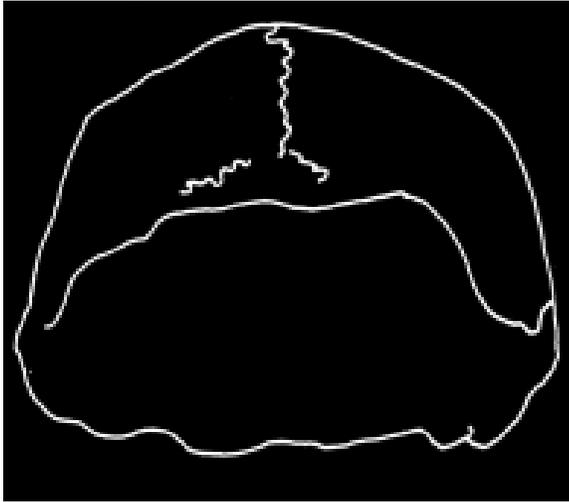
Inclinazione osso frontale



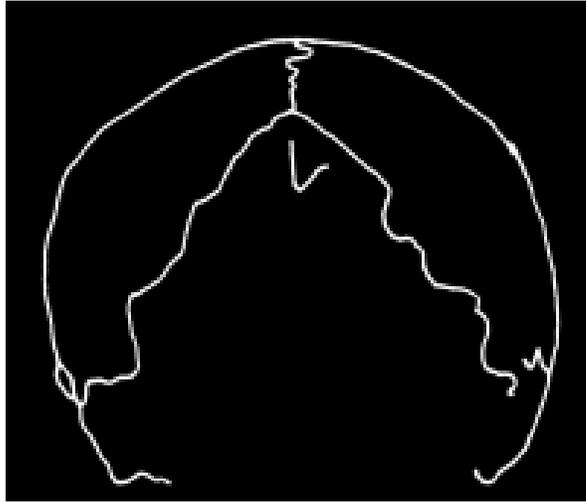
Forma della squama temporale e dell'apofisi mastoidea



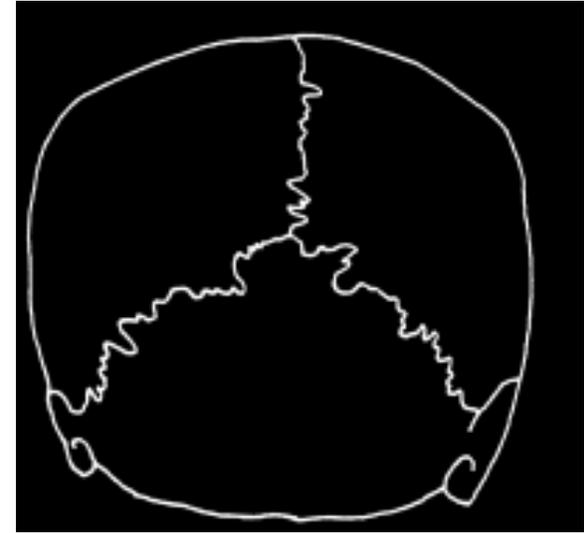
Forma dell'osso occipitale



Pentagonale a parete
convergente verso l'alto

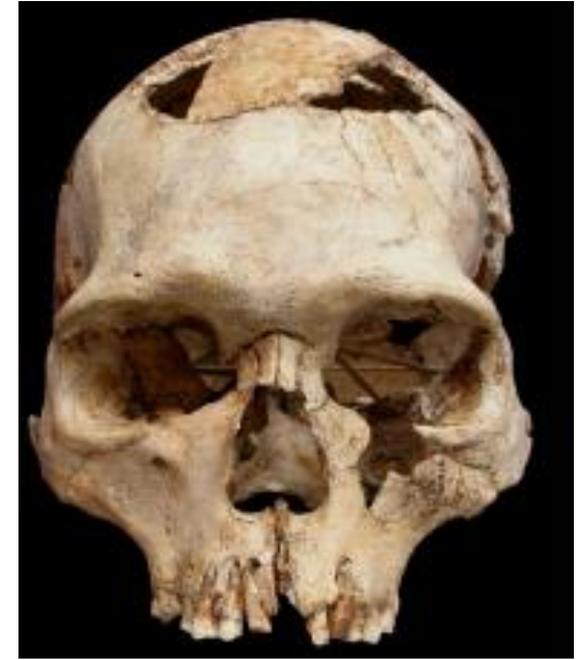
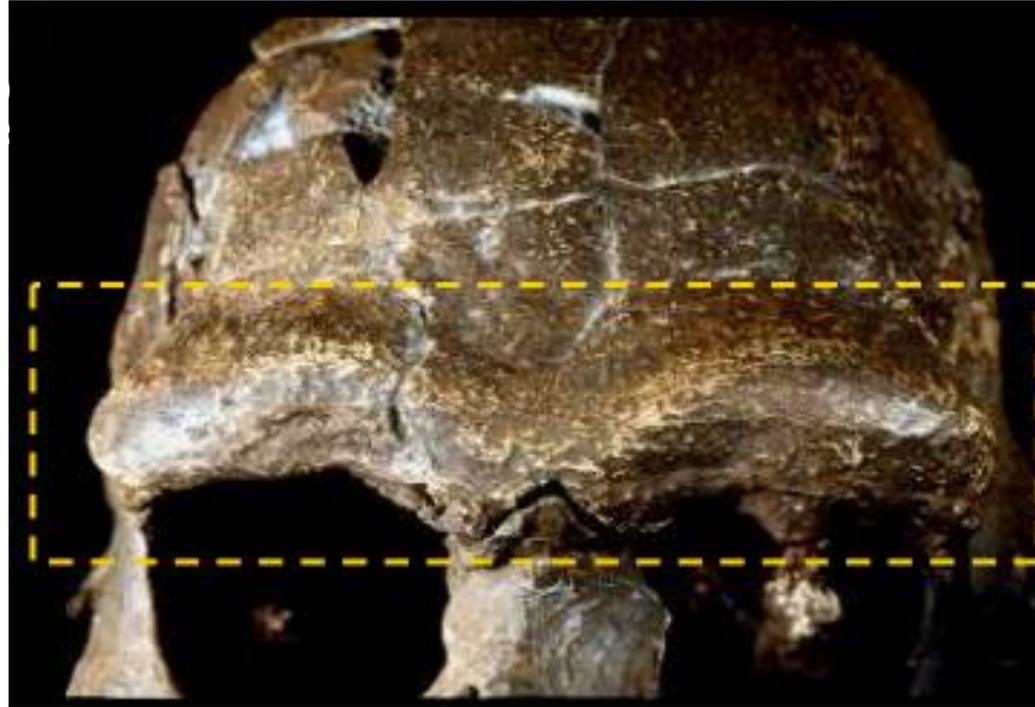


Circolare (Caso particolare dei
neandertaliani)



A « tetto di casa »
(*Homo sapiens*)

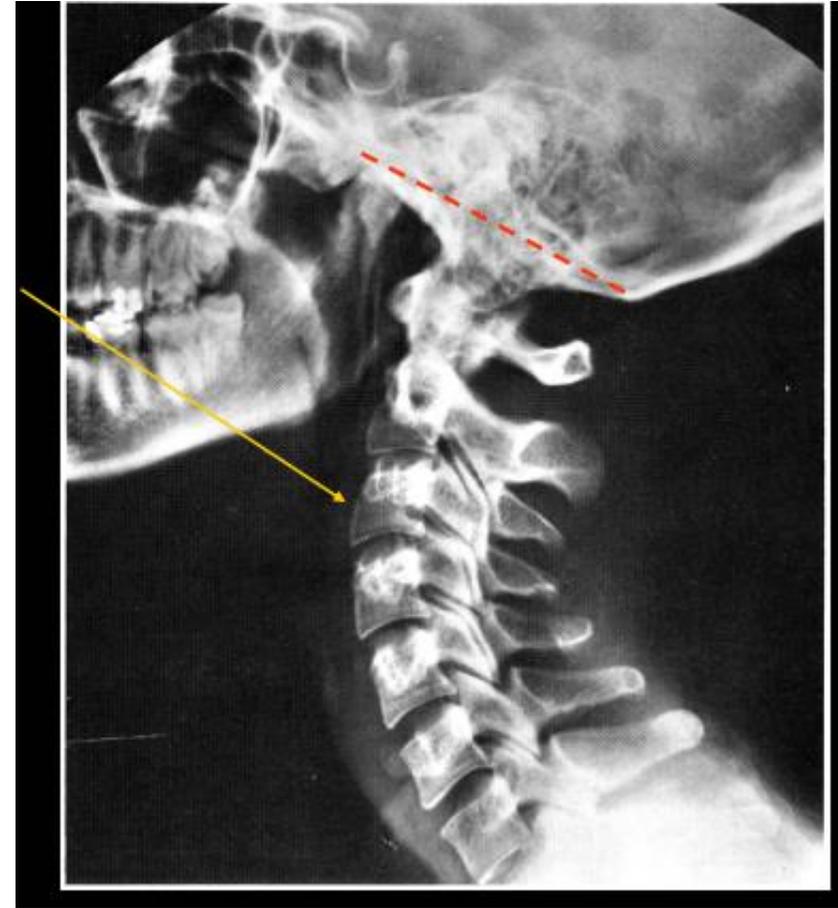
Forma del cranio in vista posteriore



Complesso sopra-orbitale



Accentuazione
della curvatura
cervicale



Orientazione della base del cranio

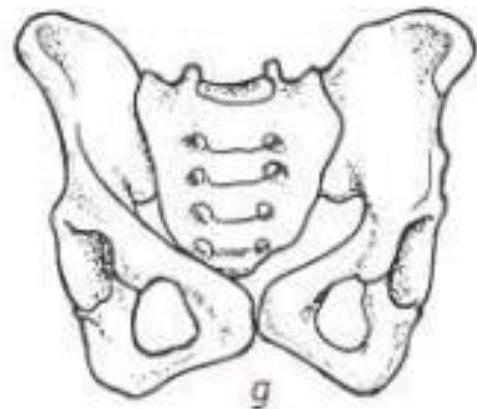
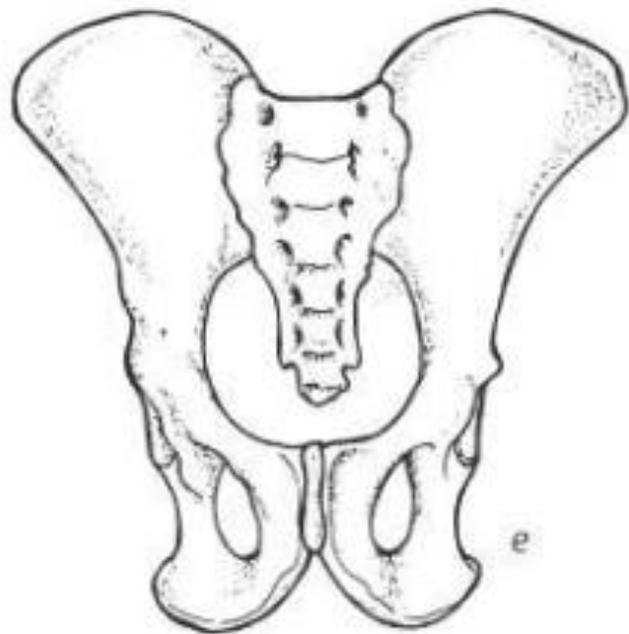
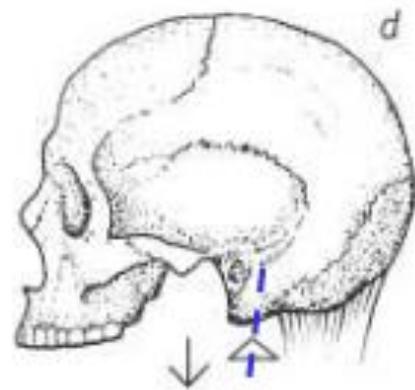
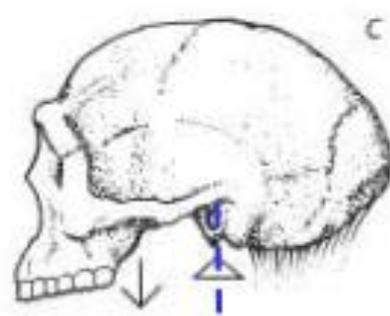
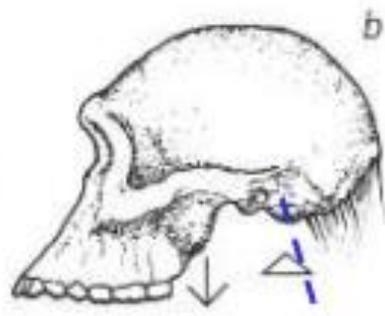
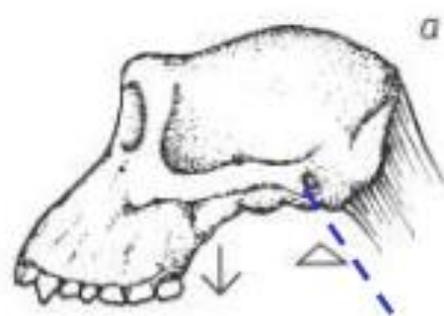
Antenati : orientazione obliqua e orientata posteriormente

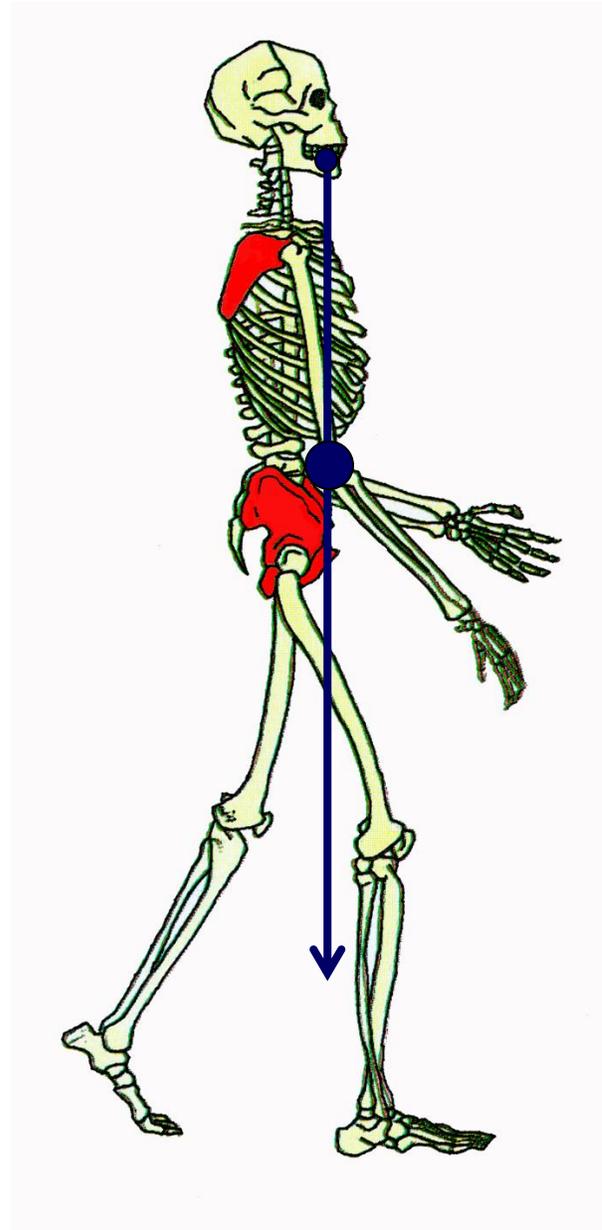
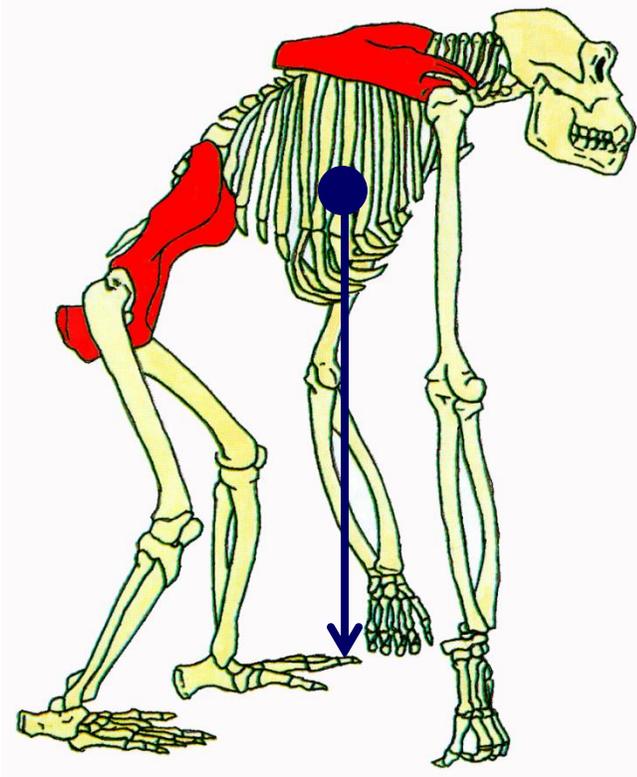
Homo sapiens : Orientazione obliqua e orientata anteriormente

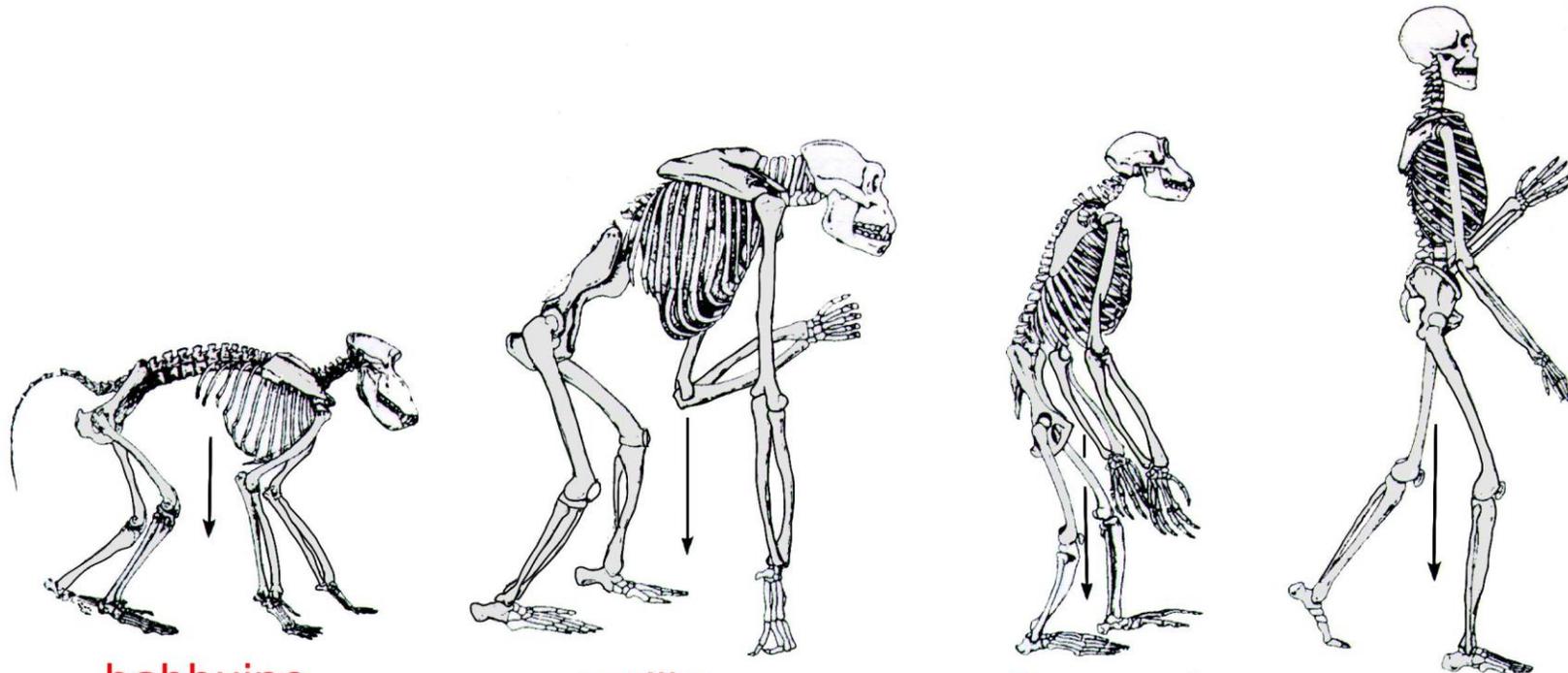
--- Axe de la colonne vertébrale

△ Point d'appui de la colonne vertébrale

↓ « déséquilibre » face / boîte crânienne





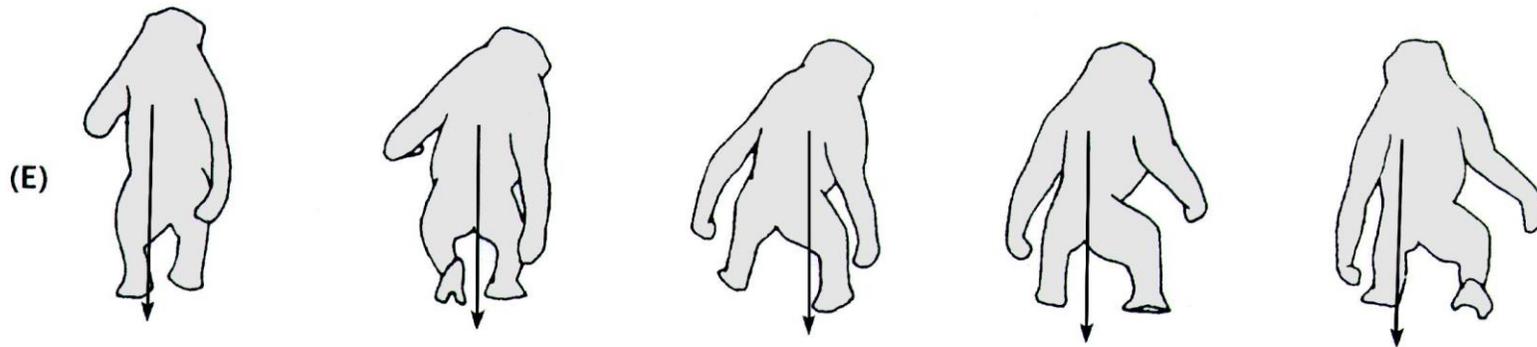


babuino

gorilla

scimpanzè

uomo



(E)

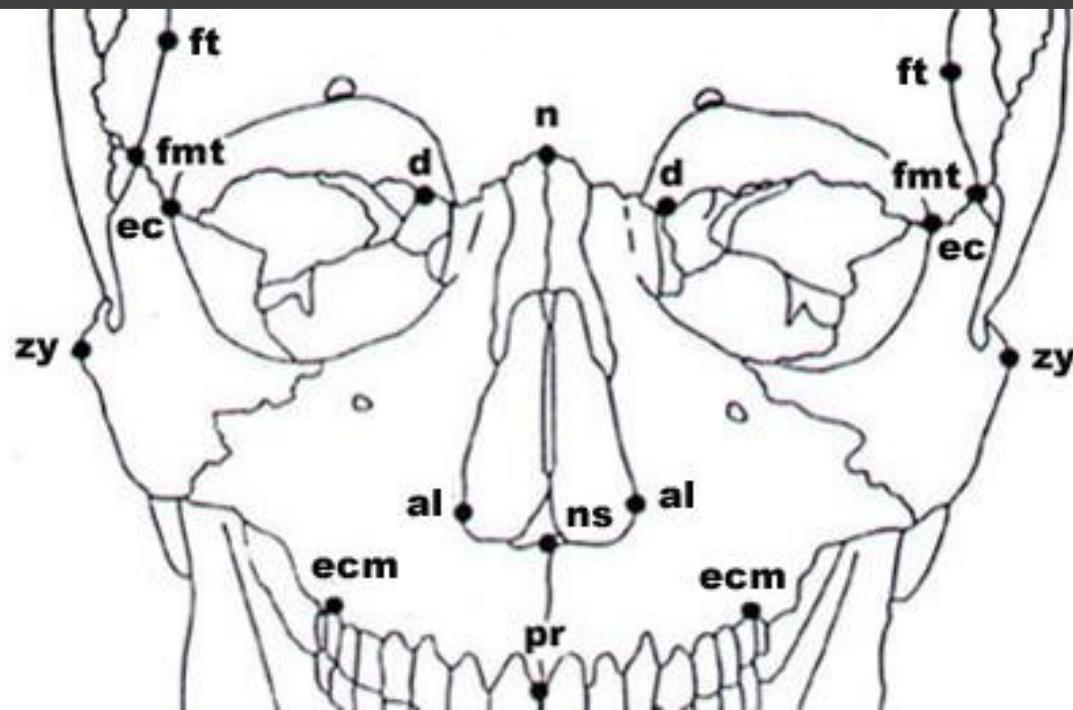
Bipedismo occasionale

Tecnologie e Metodologie per l'acquisizione dei dati



Digitalizzatore Microscribe

- Tecnica: Cattura le proprietà fisiche dell'oggetto
- Metodica: Il microscribe è un braccio articolato con un puntatore che definisce la posizione di un punto nello spazio in relazione al punto di riferimento dello strumento (base del robot). Il robot conosce la posizione del puntatore grazie a dei potenziometri nel braccio articolato.
- Risoluzione: 0,2 mm



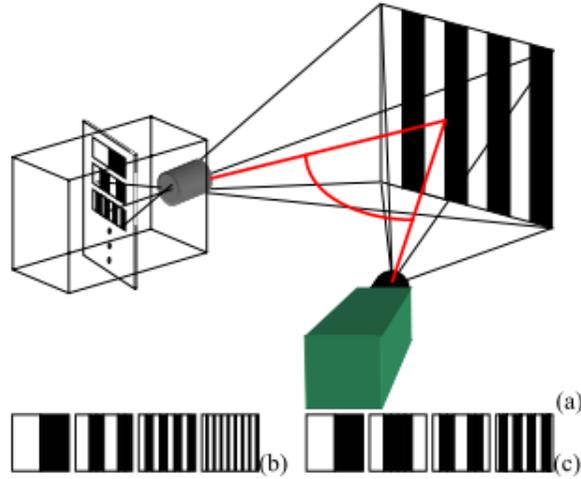


Scanner di superficie

Laser Scanner

- Tecnica laser Principio: Misura la posizione di un campionamento di punti in un sistema cartesiano della superficie di un oggetto.
- Metodica: lo scanner misura la distanza dall'oggetto usando un raggio laser. La distanza viene calcolata contando il tempo che il laser impiega nel tragitto a/r.
- Risoluzione: fino al μm per i più precisi

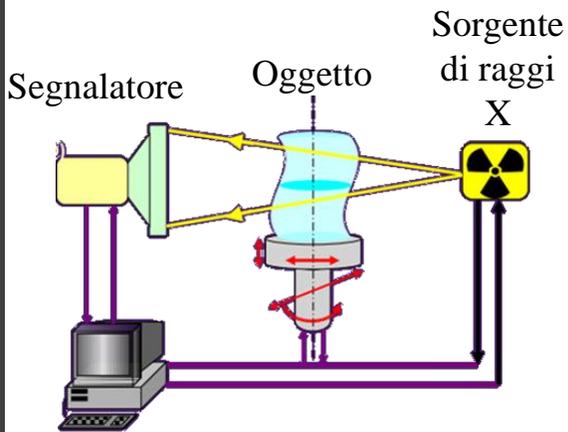




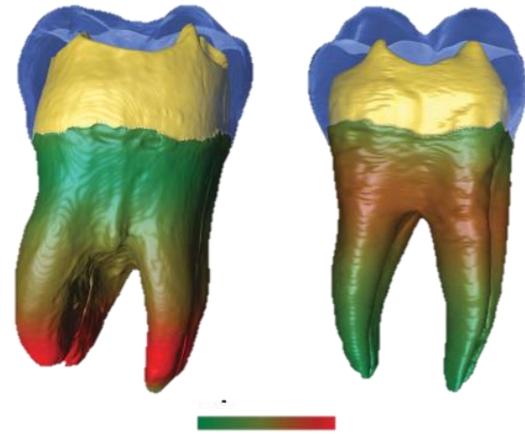
Scanner di superficie *Breuckmann*

- Tecnica topometrica
- Principio: Analisi di bande di luce bianche proiettate sull'oggetto
- Metodica: Da una parte un proiettore di banda di luce e dall'altra una telecamera CCD (fotosensibile) che cattura le immagini che verranno analizzate da uno speciale software. La luce proiettata è codificata con un sistema binario (000, 001...) che sarà successivamente trasformato in immagine numerica dal computer passando dalla telecamera CCD.
- Risoluzione 0.26mm





Ricostruzione,
stoccaggio e analisi
dell'immagine



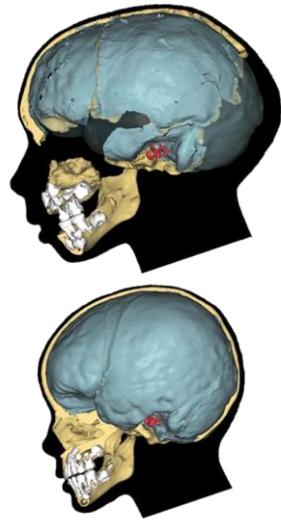
M1 La Chaise (Macchiarelli
et al., 2006)

Tomodensitometria *scanografia, CT scan (Computer Tomography), TAC, micro CT.*

- Tecnica di scansione medica
- Principio: Misura l'assorbimento dei raggi X da parte dei tessuti riproducendo sezioni o strati corporei.
- Metodica: Il fascio di raggi X viene attenuato dal corpo che attraversa. L'attenuazione varia in modo proporzionale alla densità elettronica dei tessuti attraversati. Più la densità è alta più la gradazione del grigio è chiara.

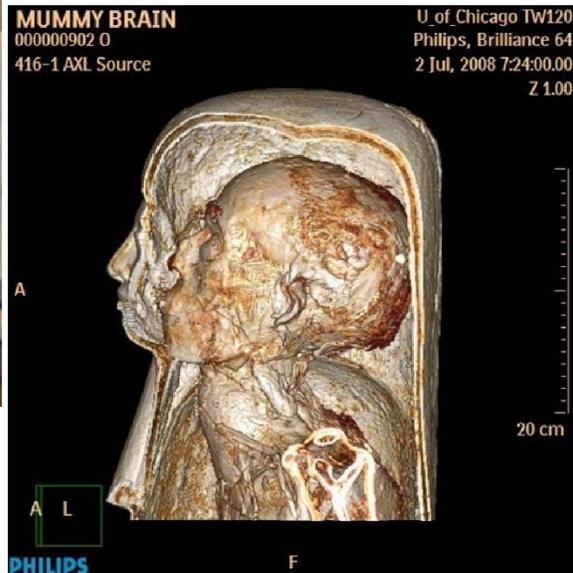


Osso trabecolare
di un topo



Tomodensitometria scanografia, CT scan (Computer Tomography), TAC, micro CT.

- Unità di misura: L'UH (Unità di Hounsfield) comprendente 2001 diverse tonalità di grigio, dal nero al bianco:
- Densità dell'aria = -1000 UH
- Densità dell'acqua = 0 UH
- Densità dell'osso compatto = + 1000 UH
- Utilità: Ricostruzione 3D delle strutture anatomiche
- Risoluzione : 0,4-0,8 mm e fino a 5µm per i microCT





Sincrotrone ELLETRA, Trieste



Thrips del cretaceo con i grani di pollini
(*Enrique Peñalver et al., 2012*)

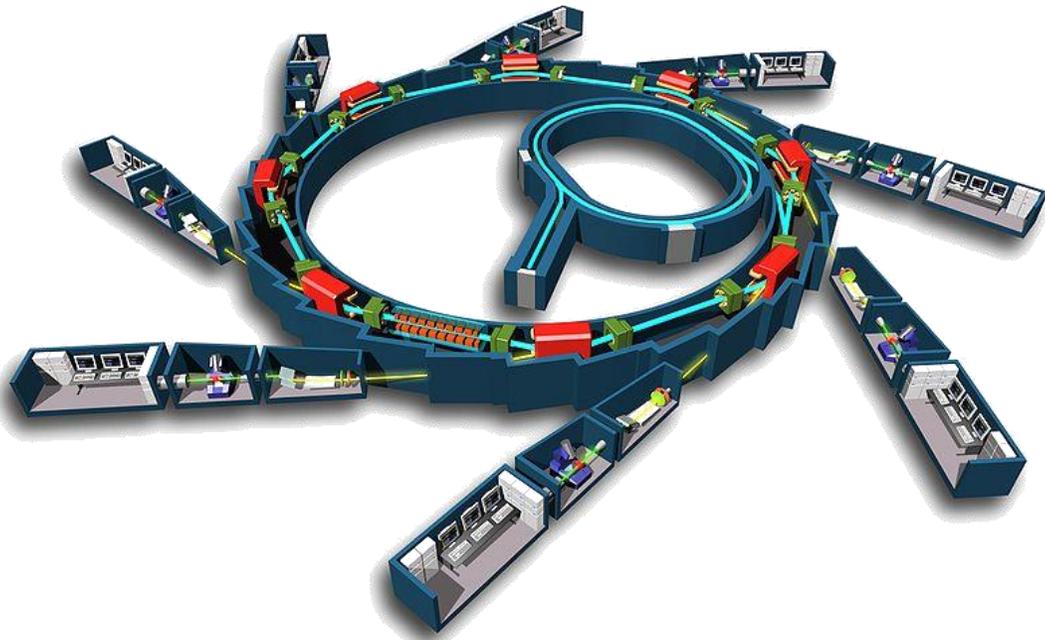
Sincrotrone

- Acceleratore di particelle circolare, in cui il campo magnetico e il campo elettrico variabile sono sincronizzati con il fascio delle particelle stesse.
- Tecnica: Il sincrotrone si compone principalmente di :
 - un piccolo acceleratore che prepara le particelle a bassa energia
 - un anelo magnetico che mantiene le particelle su una traiettorie circolare
 - delle cavità acceleratrici destinate ad aumentare o mantenere l'energia delle particelle girando attorno all'anello.

Le particelle sono mantenute in un vuoto estremo, attorno all'anello, all'interno di un tubo di forma torica.

Metodica: Il raggio ottenuto viene raccolto in diversi punti del tubo, le linee di luce. Ogni raggio incontra lenti, specchi o monocromatore che seleziona una gamma di lunghezze d'onda e modifica le caratteristiche dei fasci di luce.

I raggi X ottenuti permettono di fare della microtomografia ad alta risoluzione



Apporto delle nuove tecnologie alla ricerca e alla museologia

- Scambio di dati
- Immortalare i resti fossili unici
- Visualizzazione delle strutture interne che aprono nuove prospettive e metodologie di studio dei resti fossili
- Ricostruzione facciale
- Ricostruzione virtuale delle parti mancanti
- Realizzazione di calchi grazie al modello 3D evitando dannosi contatti col reperto

Trattamento dei Dati
principi di morfometria



Perché usiamo la morfometria?

Paleontologia/Paleoantropologia è basata su descrizioni e confronti

Si lavora con delle caratteristiche morfologiche

- Tassonomia
- Filogenia (cladistica)

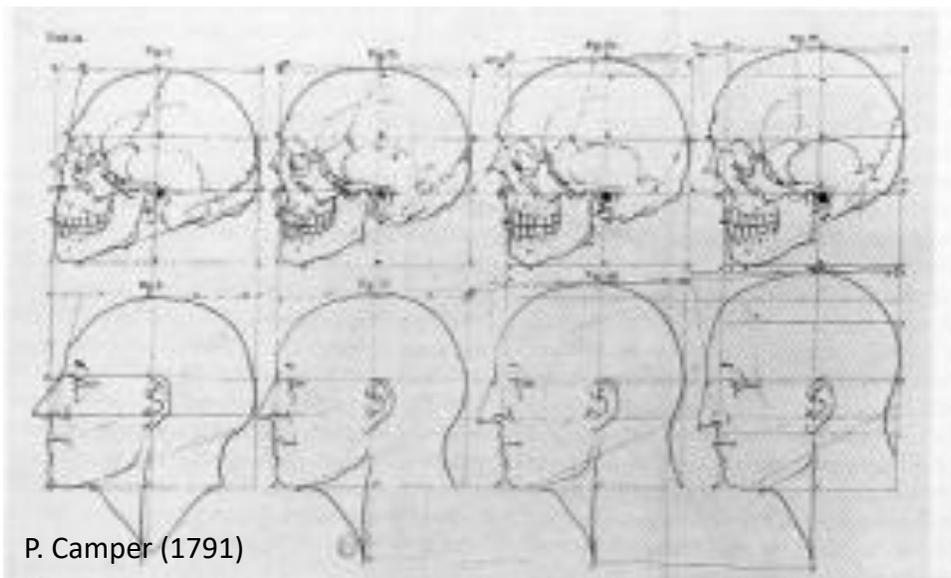


Si lavora sulle forme (descrizione e confronti quantitativi)

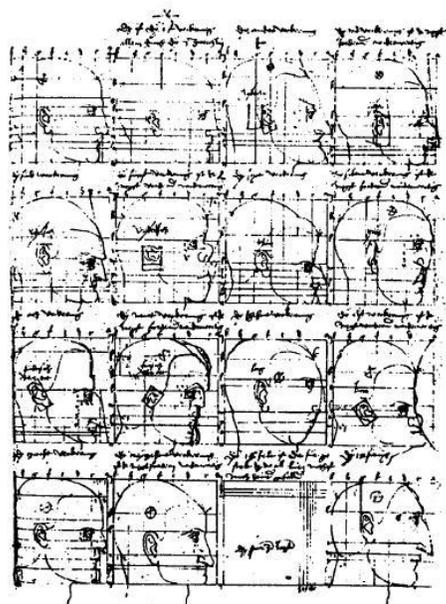
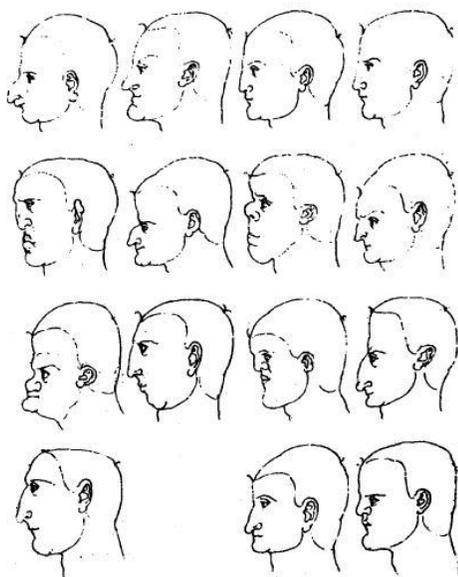
- Caratteristiche ed evoluzione delle forme (crescita, evoluzione, fattori interni e esterni...)

Perché usiamo la morfometria?

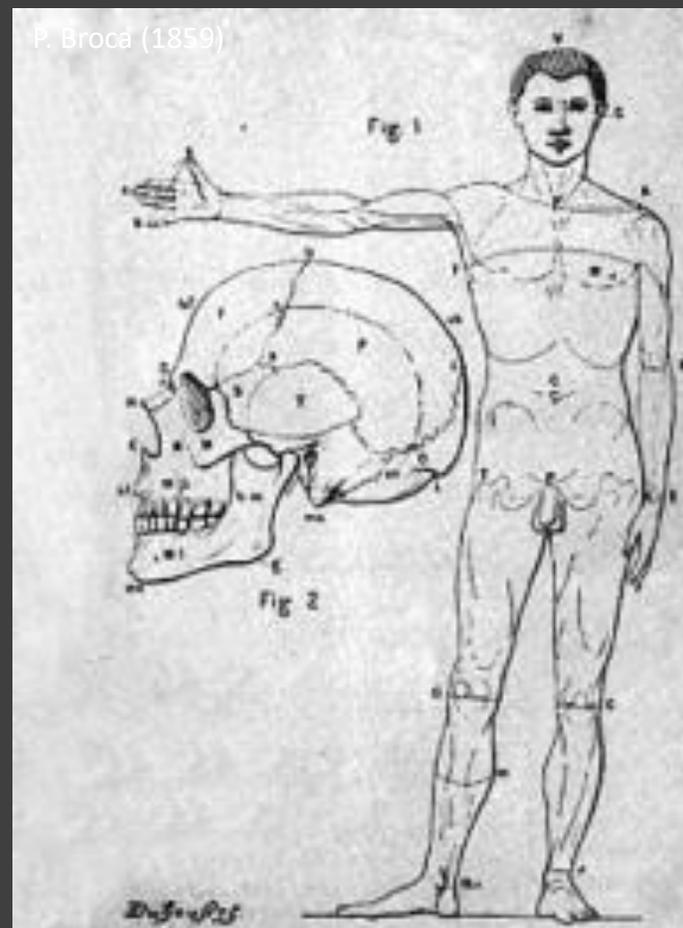
La morfometria è « la descrizione quantitativa, analisi, e interpretazione delle forme e delle variazioni di forme [di soggetti biologici] » (Rohlf, 1990)



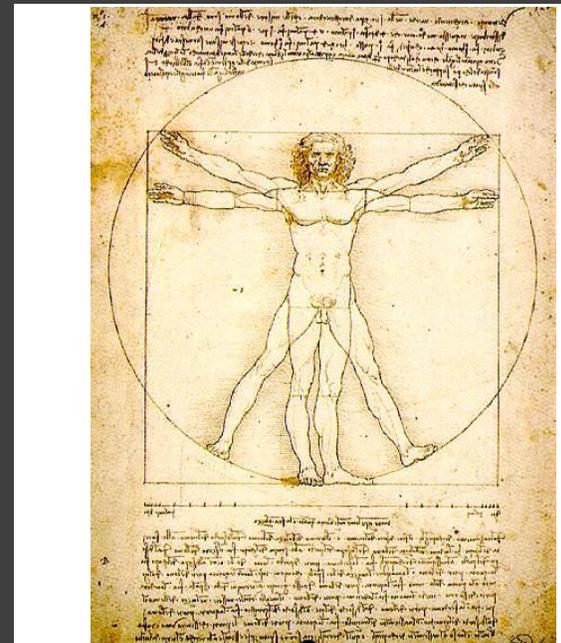
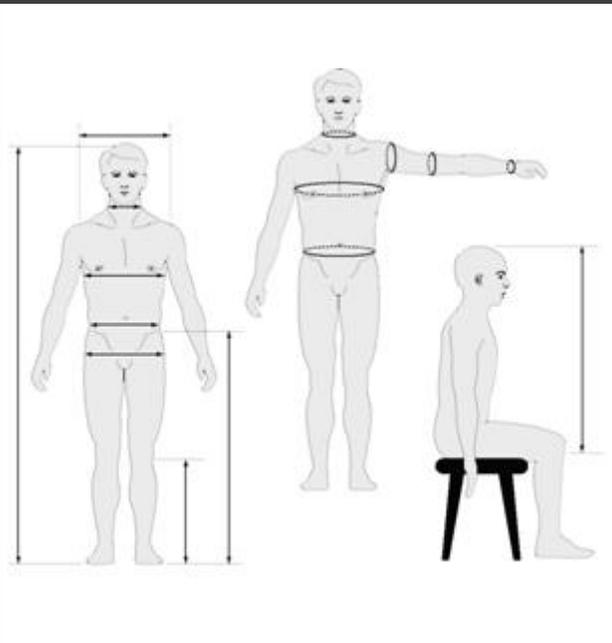
P. Camper (1791)



Disegni di Dürer su il ruolo delle proporzioni nel viso umano.



P. Broca (1859)

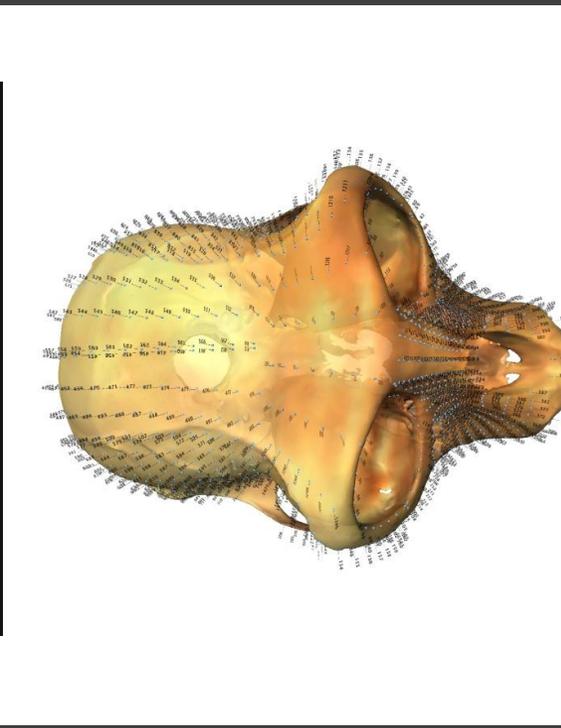
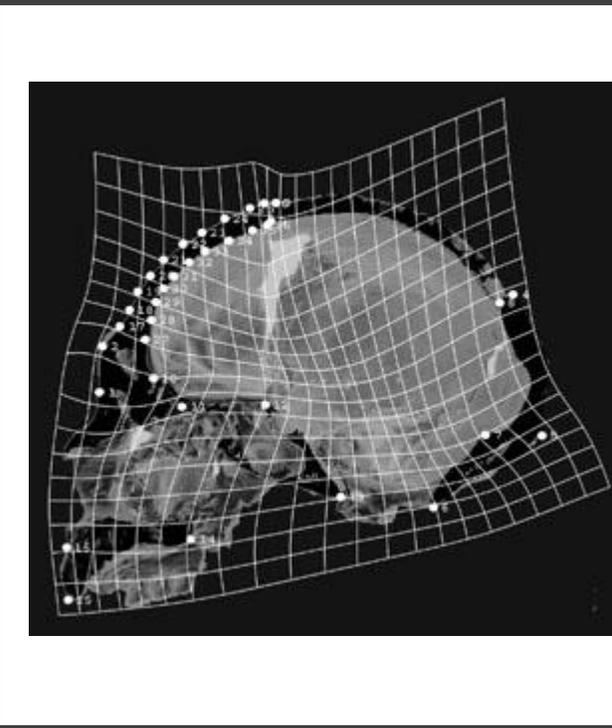


Tipi di morfometria

Morfometria tradizionale : Misure classiche (lunghezza, larghezza, spessore....). Analisi di dati lineare in 2D

Morfometria geometrica su punti omologi (Landmarks)

Morfometria geometrica sull' analisi dei contorni



Morfometria: Principi di base

Risoluzione: il più piccolo intervallo che può essere misurato

Affidabilità: La differenza/deviazione tra il «vero» valore e le misure

Ripetibilità (precisione): è il grado di concordanza tra una serie di misure di uno stesso misurando (la grandezza oggetto di misurazione), quando le singole misurazioni sono effettuate lasciando immutate le condizioni di misura.



Accuracy is how close your shot is to the centre.

Repeatability is how close to each other your shots are when you shoot multiple times.

Morfometria: Principi di base

Forma = Taglia + conformazione

Form = Size + shape



A



B



C



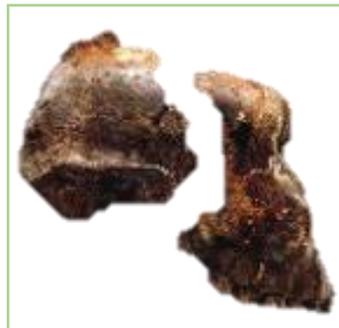
D

	Stessa Taglia / <i>Same size</i>	Taglia diversa / <i>Different size</i>
Stessa conformazione <i>Same conformation</i>	Stessa forma <i>Same shape</i>	Forma diversa <i>Different shape</i>
Conformazione diversa <i>Different conformation</i>	Forma diversa <i>Different shape</i>	Forma diversa <i>Different shape</i>

Caso teorico

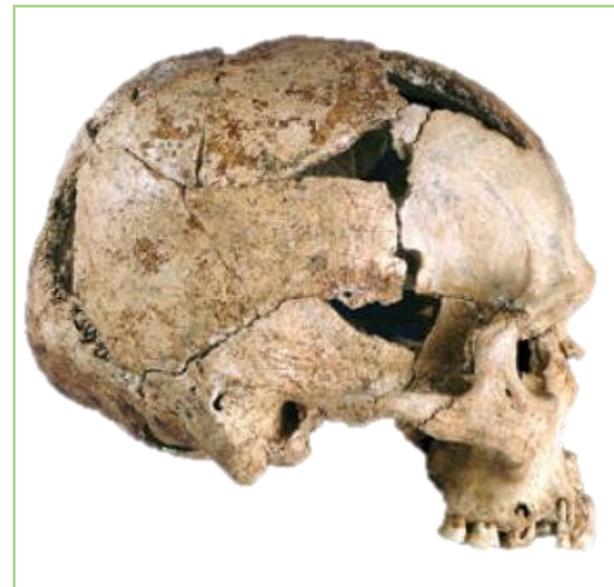


Conformazione identiche
Taglie diverse



Conformazione diverse
Taglie identiche

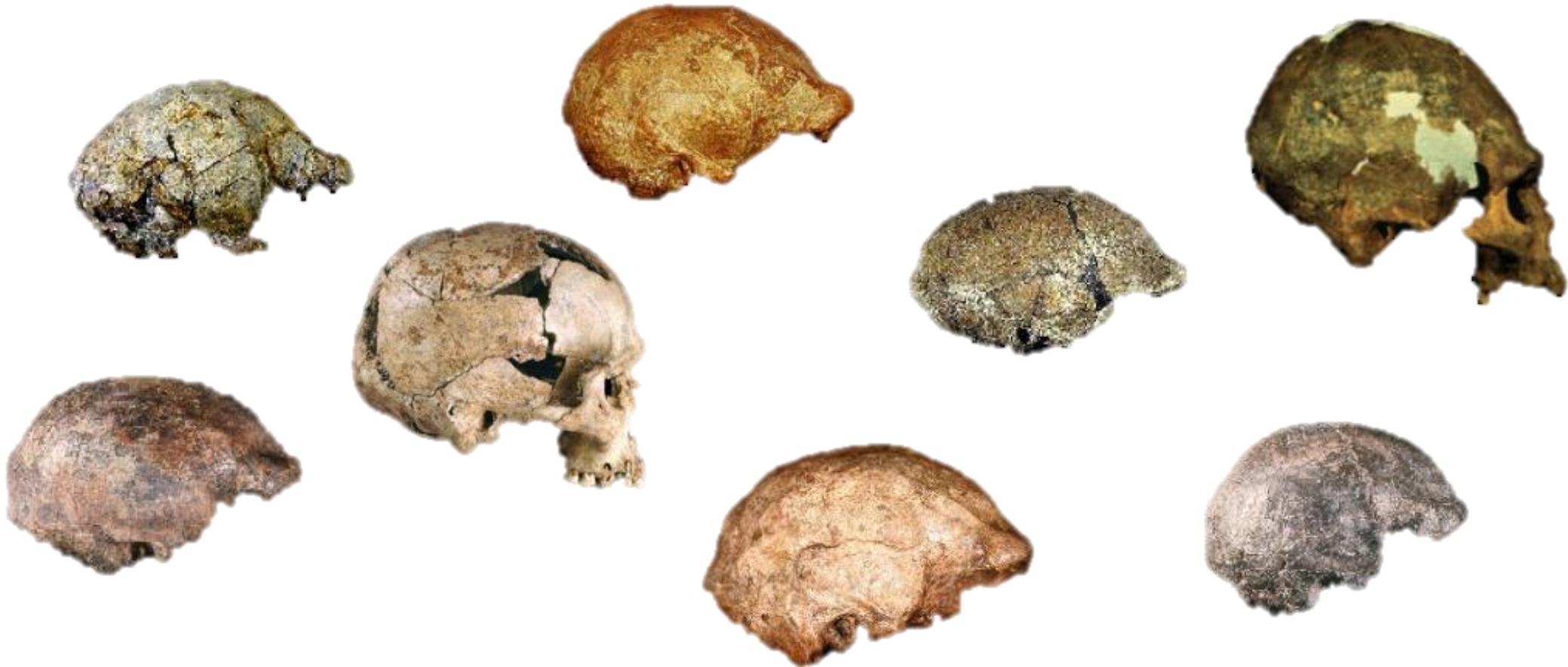
Caso reale



Conformazione diverse
Taglie diverse

Morfometria: Principi di base

Homo erectus e *Homo sapiens* in Indonesia - Australia



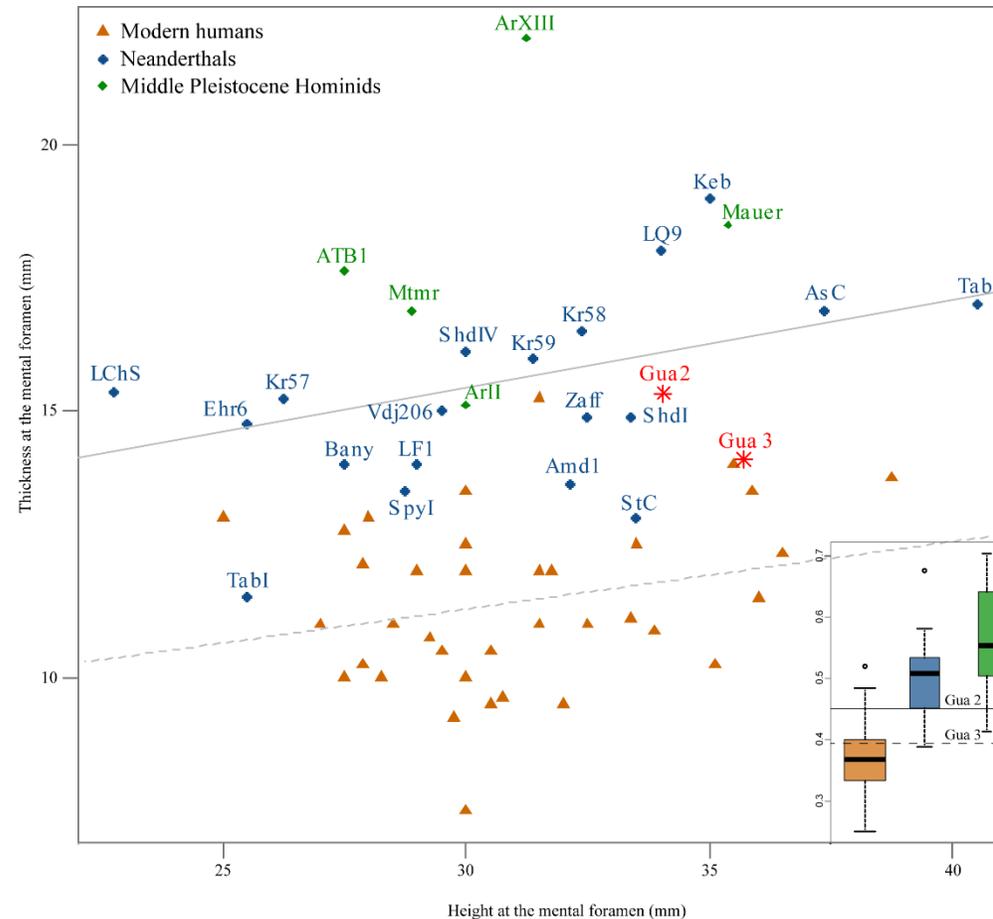
Conformazioni diverse e taglie diverse

Però le differenze sono sottili e analizzare le strutture anatomiche può essere complesso.
⇒ Bisogna manipolare un gran numero di parametri

Analisi dei dati e rappresentazione grafica dei risultati

Morfometria complessa (numerosi dati) \longleftrightarrow Statistica

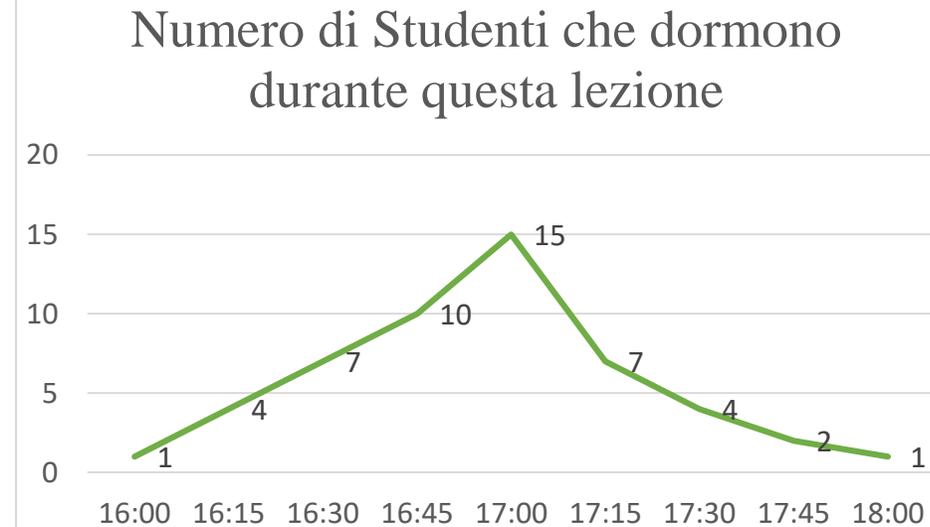
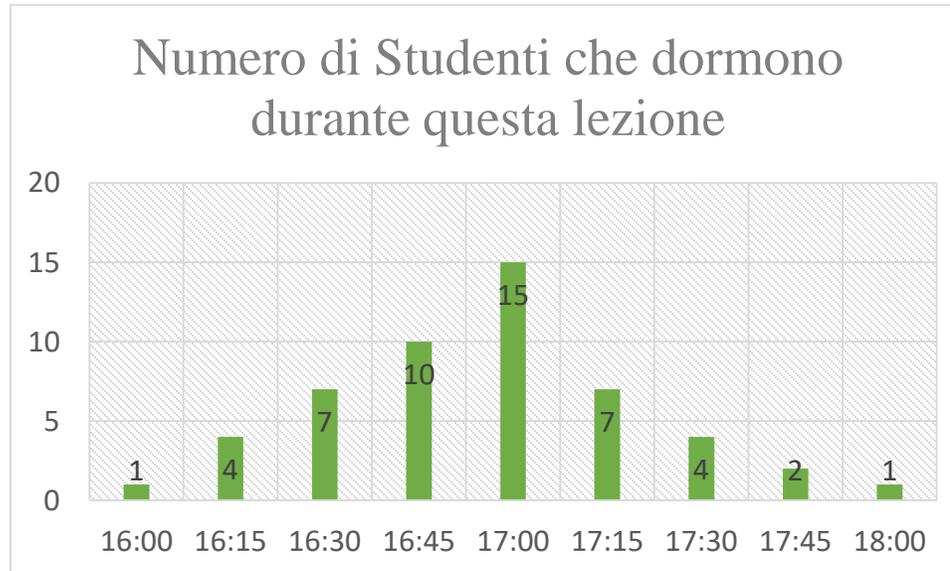
➤ 2 variabili \Rightarrow diagrammi di dispersioni e regressione lineare (relazione tra 2 variabili)



Analisi dei dati e rappresentazione grafica dei risultati

Morfometria complessa (numerosi dati)  Statistica

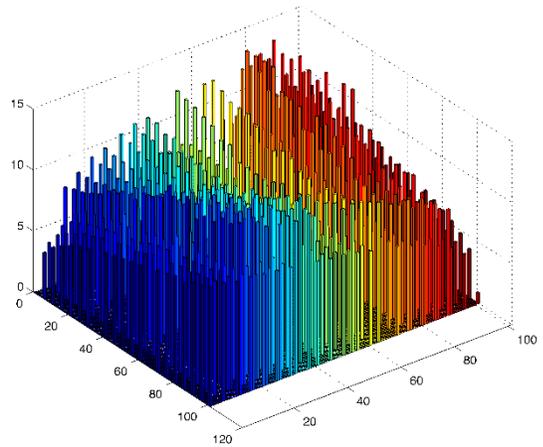
➤ 1 variabile => varie strumenti grafici (istogrammi..)



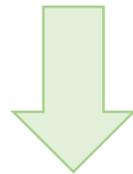
➤ 3 variabili =>

Proiezione 3D

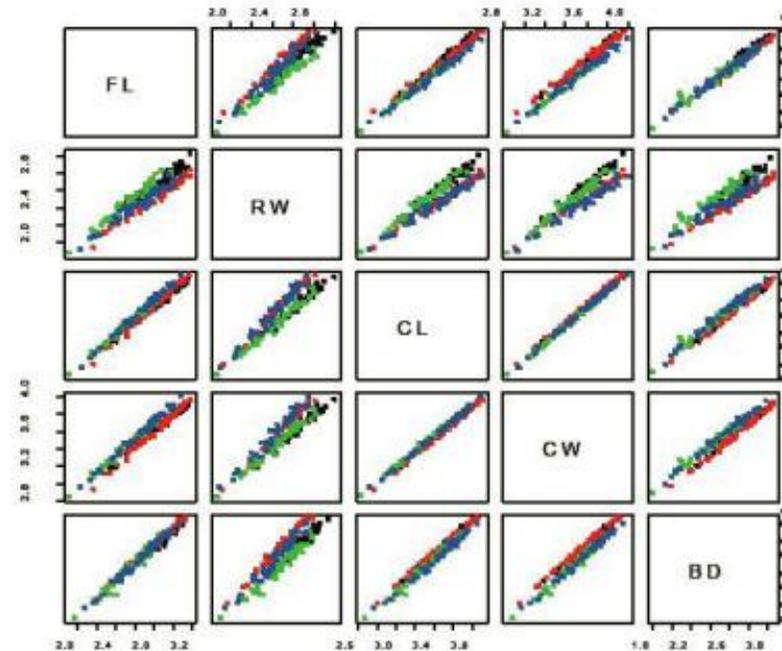
La proiezione rimane comunque in 2D



➤ n variabile => ?
combinazione di diagrammi di dispersioni...
Per 5 variabile: 10 grafici
Per 12 variabile: 66 grafici

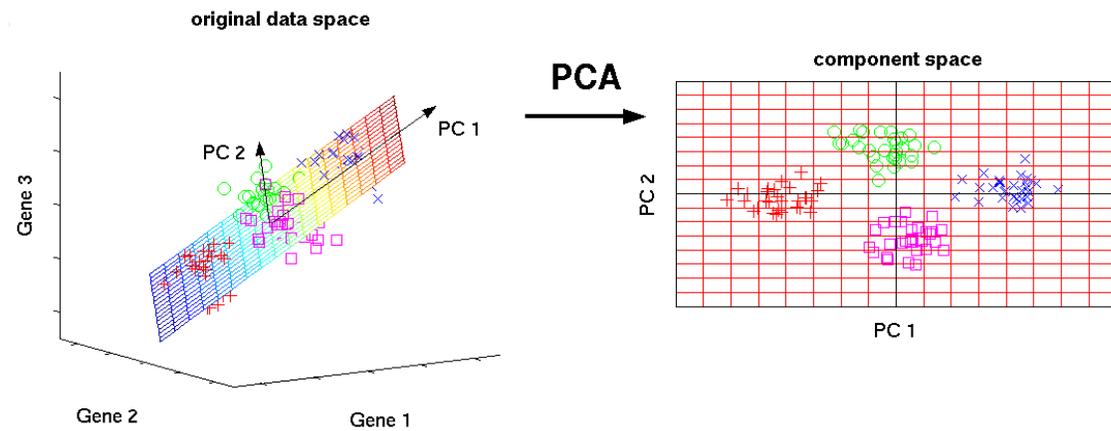
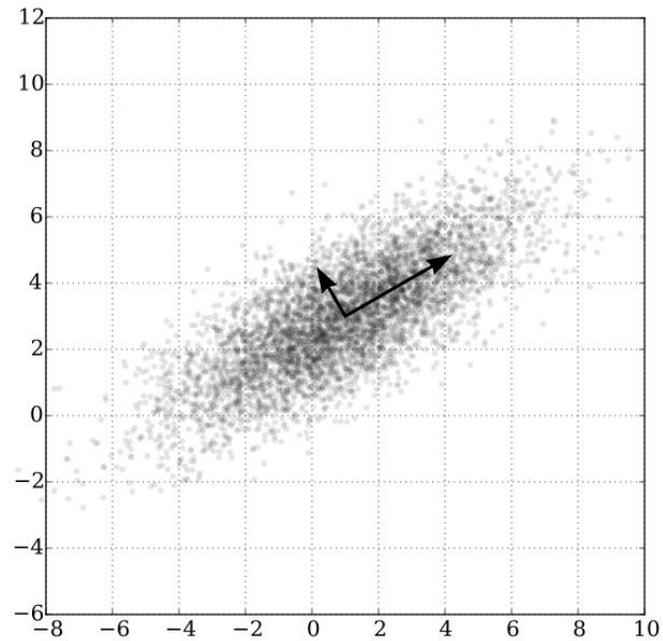


problemi di visualizzazione



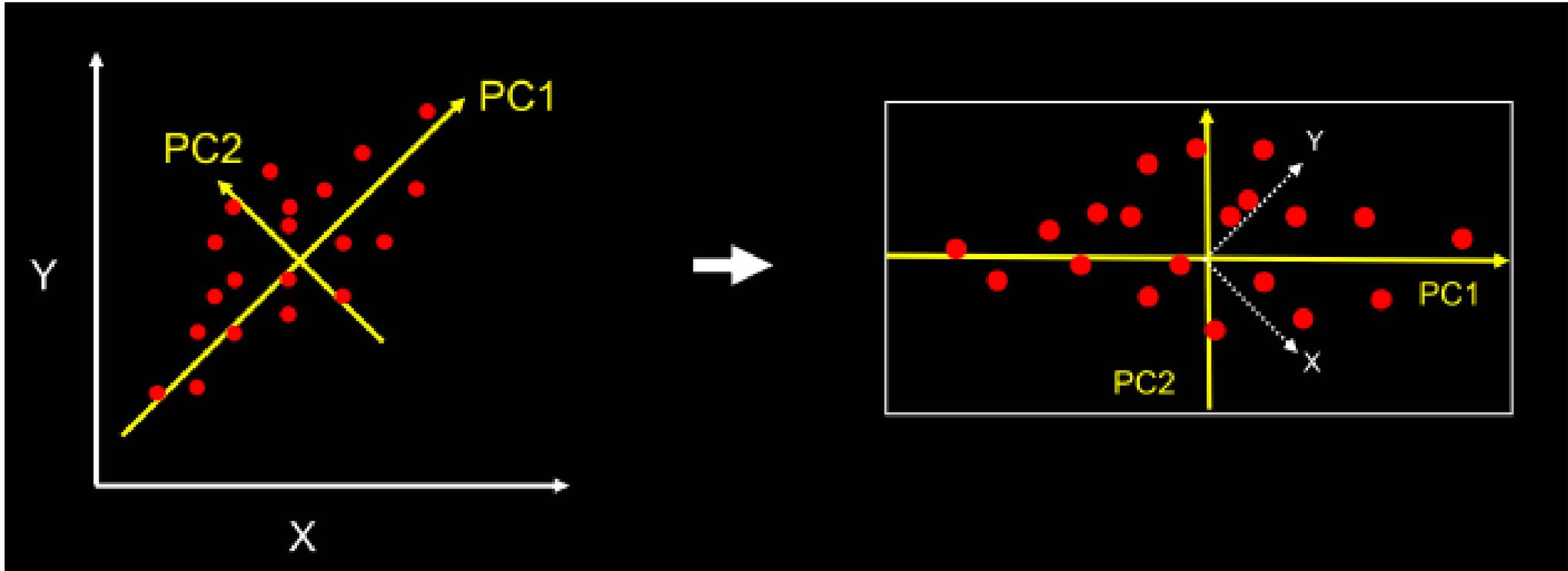
Principal component analysis

Descrizione delle direzioni della varianza massima di una grande serie di dati (numerosi dati e numerosi individui)



Consiste nel trasformare delle variabili correlate in variabili non correlate = componente principale

Diventa quindi possibile avere un'idea di quale componente (variabile) influisce sulla forma dell'oggetto e quindi quale componente è la più importante per differenziare due gruppi.

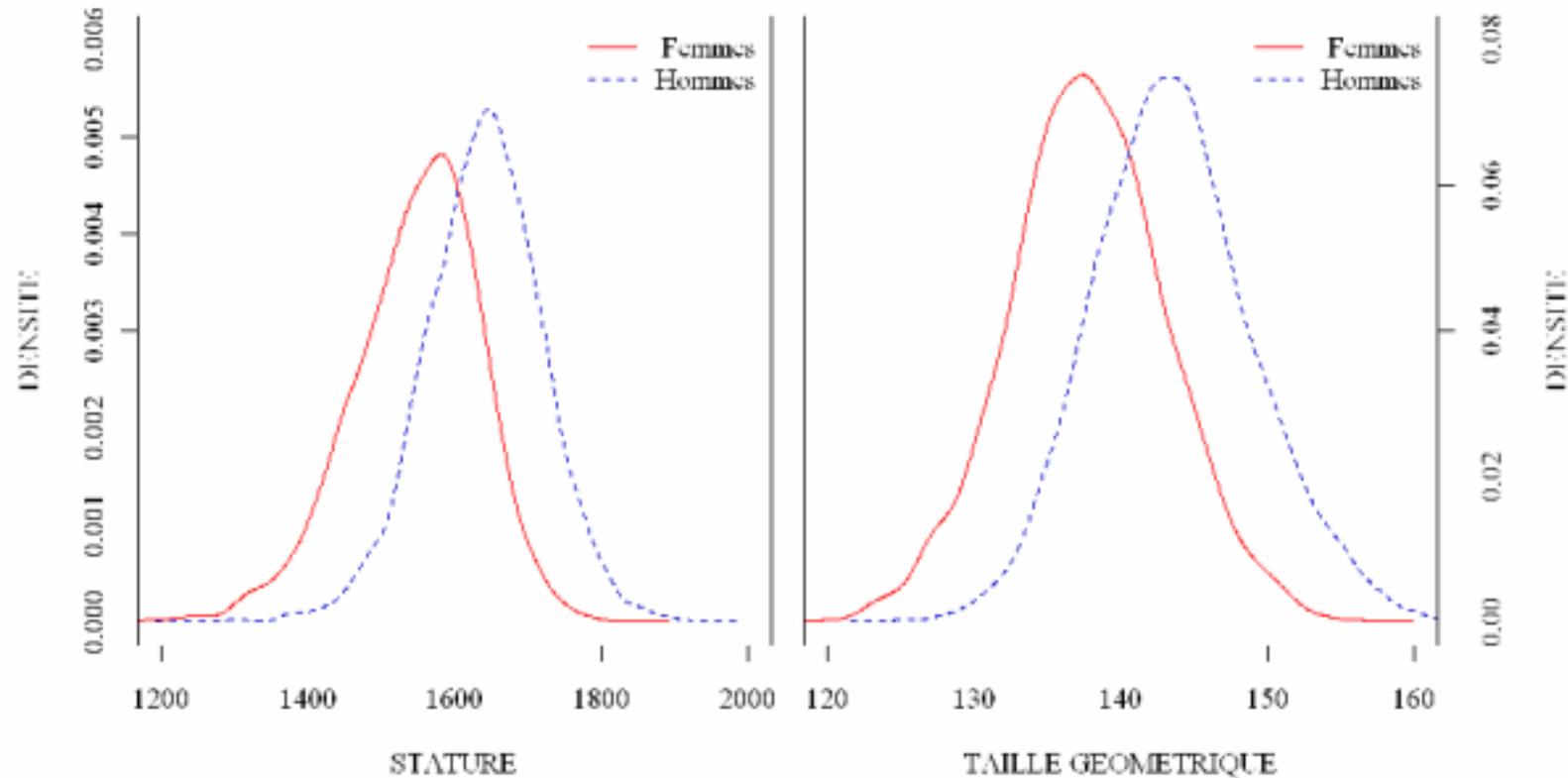


Varianza massima del set di dati

Nuovo asse (CP)

Osservazione sulla taglia

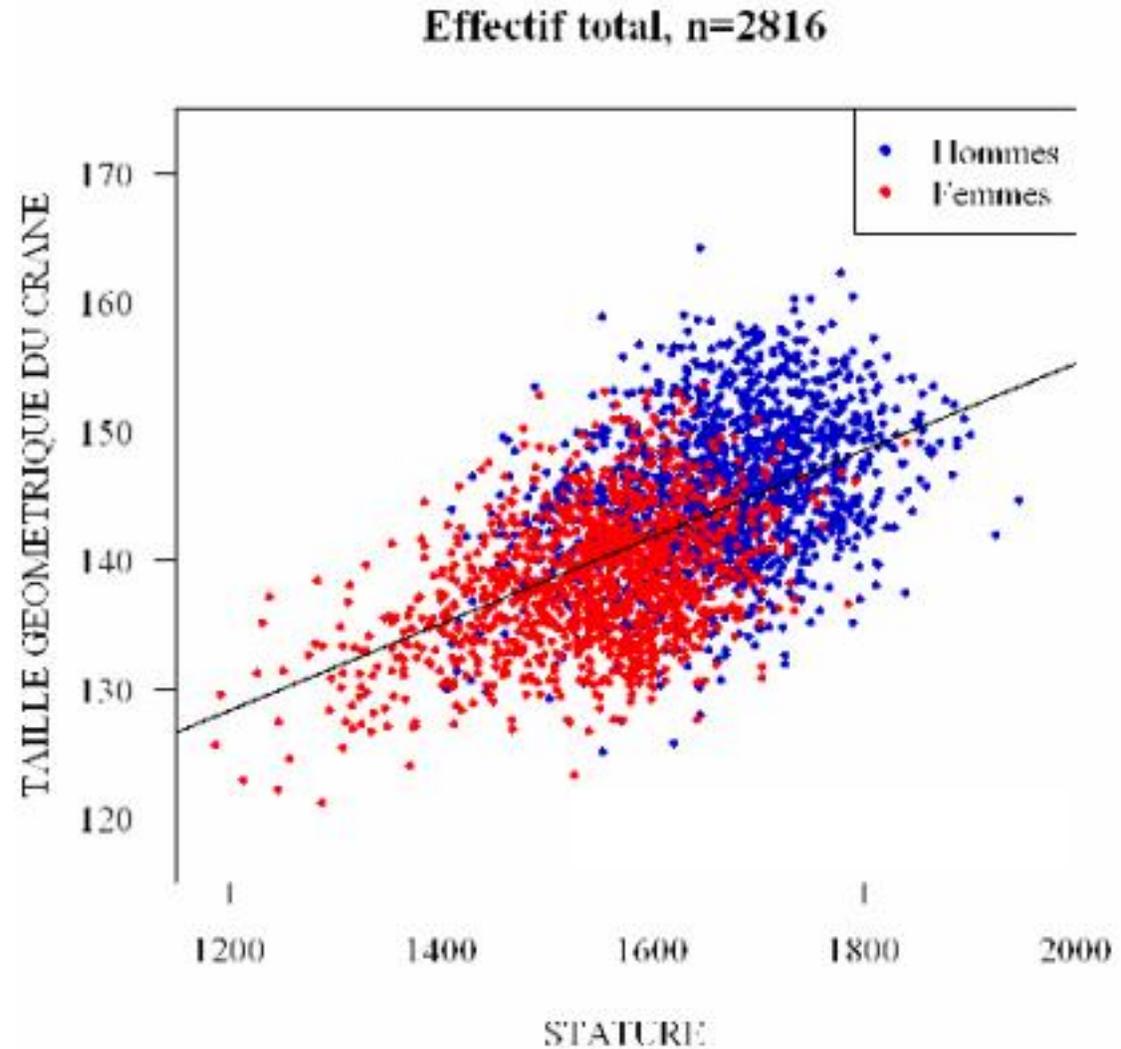
Taglia geometrica calcolata a partire da 4 variabili lineari craniofacciali : lunghezza massima del cranio, larghezza massima del cranio, altezza della faccia e larghezza bizigomatica (*in vivo* su 4 popolazione)



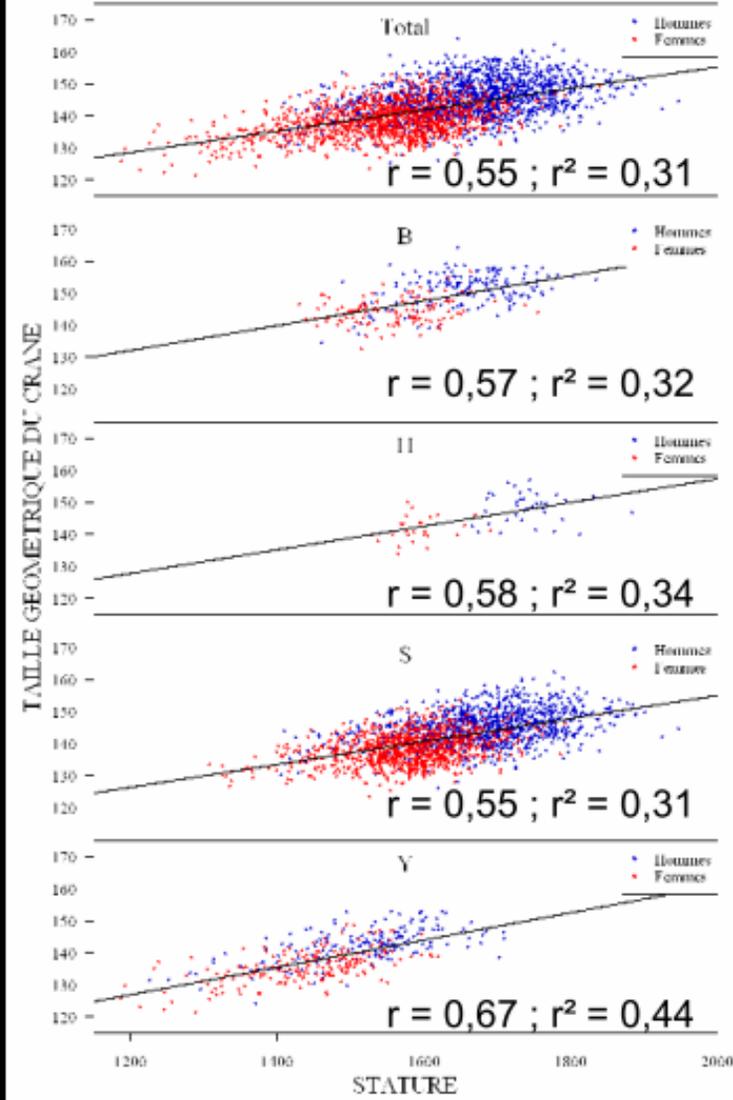
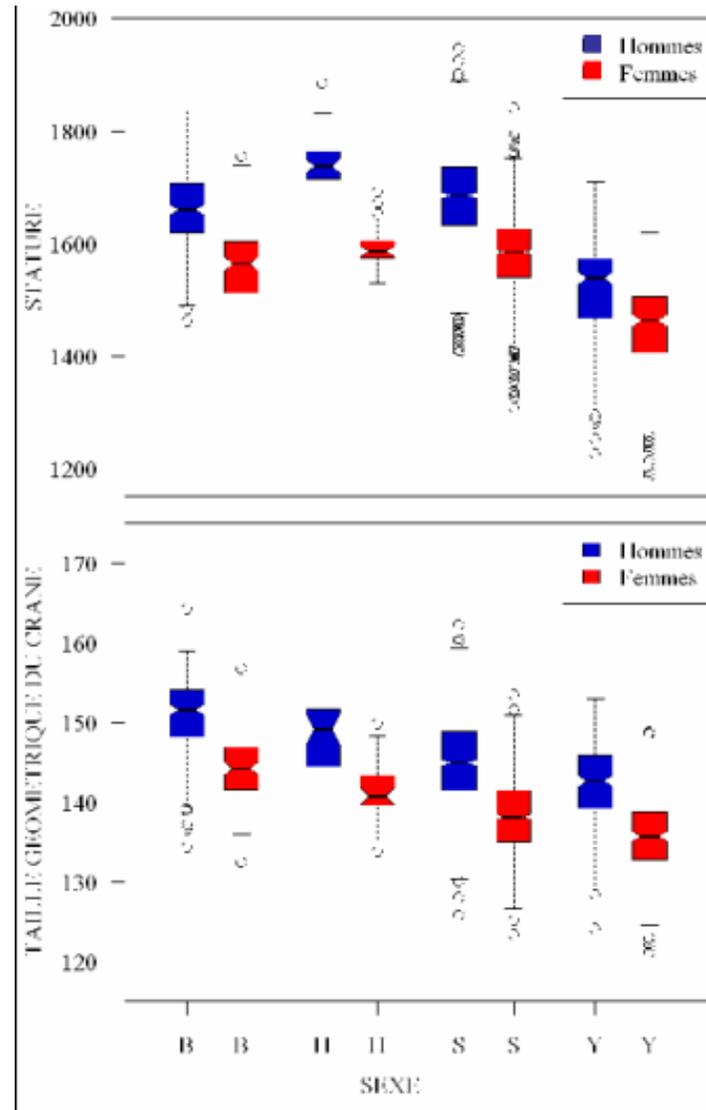
n total = 2816 individus

Osservazione sulla taglia

- Correlazione tra la taglia geometrica e la statura
- Dimorfismo sessuale
- Differenza secondo la provenienza geografica



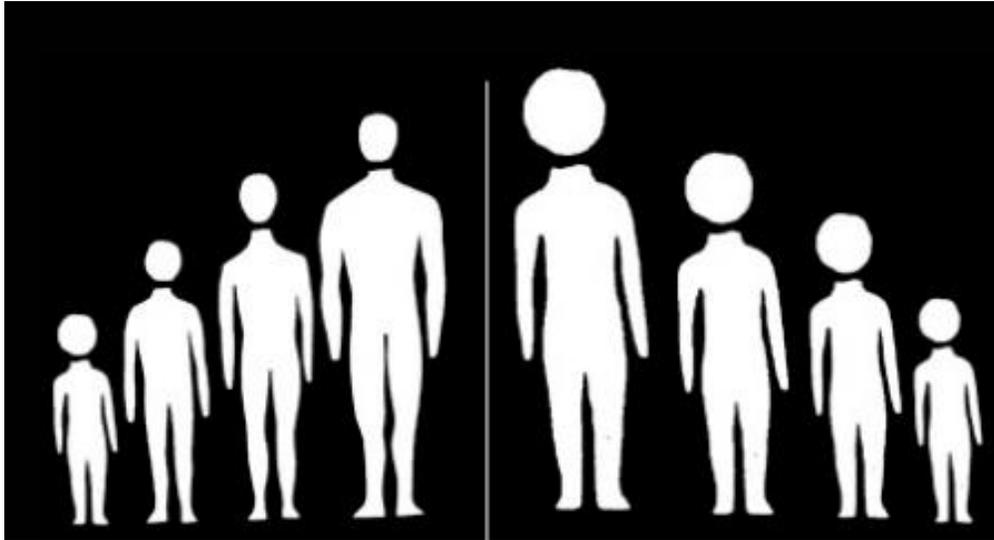
Osservazione sulla taglia



Come togliere gli effetti dell'allometria ovvero l'influenza della taglia sulla forma?

Morfometria geometrica vs tradizionale

$$\text{Forma} = \text{conformazione} + \text{taglia}$$



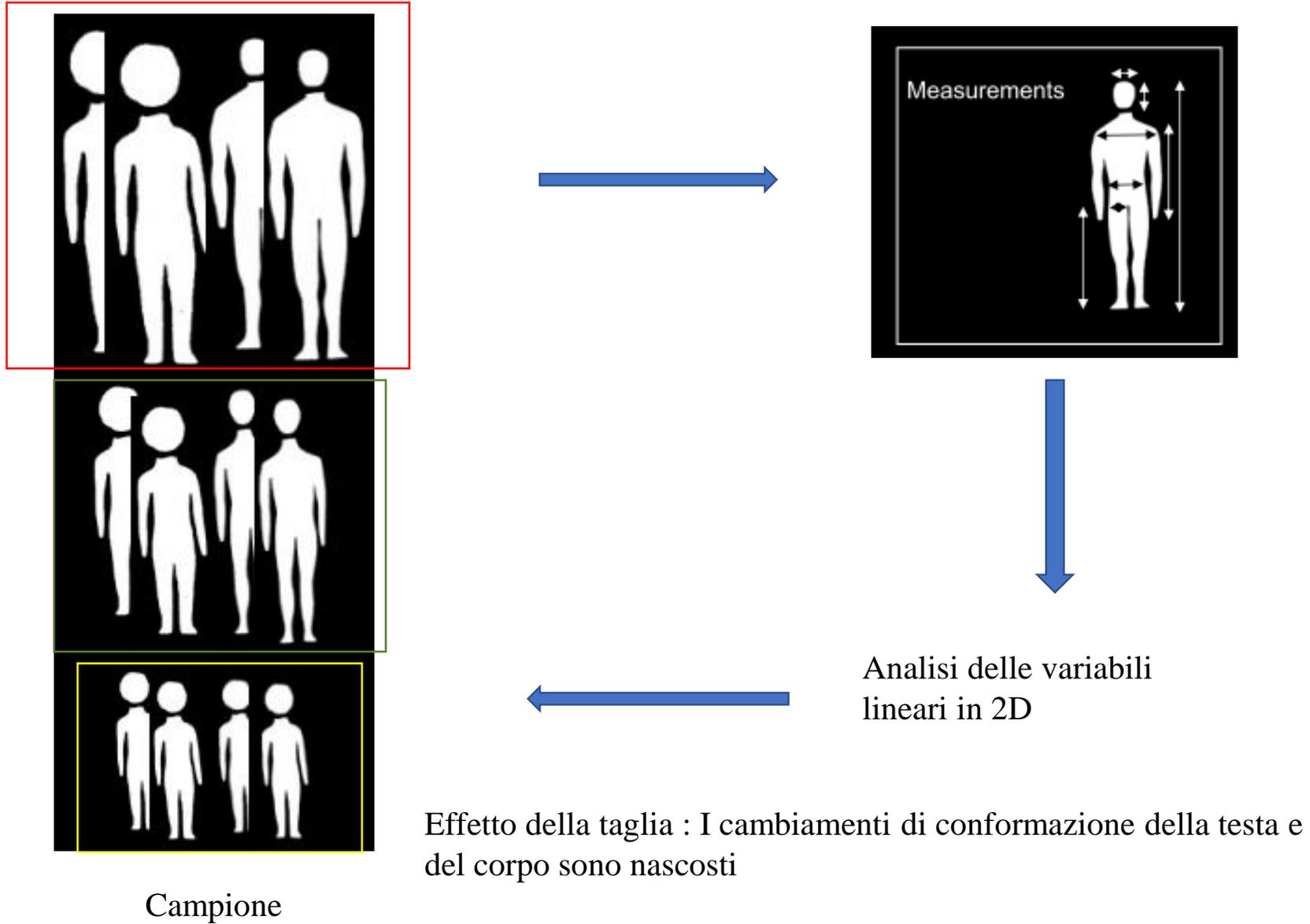
Allometrie
Taglia cambia
conformazione cambia

Isometrie
Taglia cambia
Conformazione =

In ogni caso la forma cambia

Come distinguere i cambiamenti di taglia dai cambiamenti di conformazione?

Morfometria tradizionale



Soluzione per la morfometria tradizionale

LOG SHAPE RATIO => standardizzazione delle variabili con la taglia

=> si divida ogni variabile per la taglia geometrica dell' individuo corrispondente

- Taglia geometrica /
media geometrica delle x_1 à x_n variabile lineare considerate

$$g = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times \dots \times x_n} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}$$

- Vettore conformazione ($u = x / g$)
vettore di trasformazione log-trasformato $z = \log u = \log (x / g)$

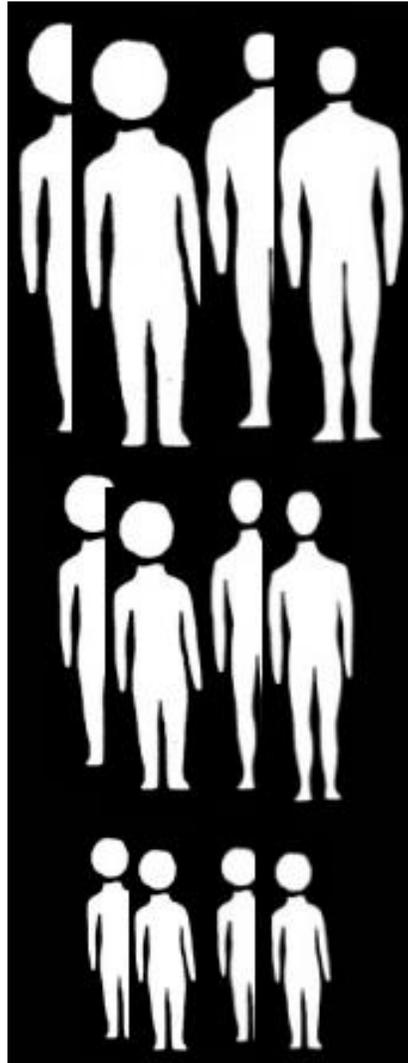
=> Calcolato dei z_1 à z_n per ogni variabile x_1 a x_n definendo la taglia

$$z_1 = \log\left(\frac{x_1}{g}\right) \quad \dot{\text{a}} \quad z_n = \log\left(\frac{x_n}{g}\right)$$

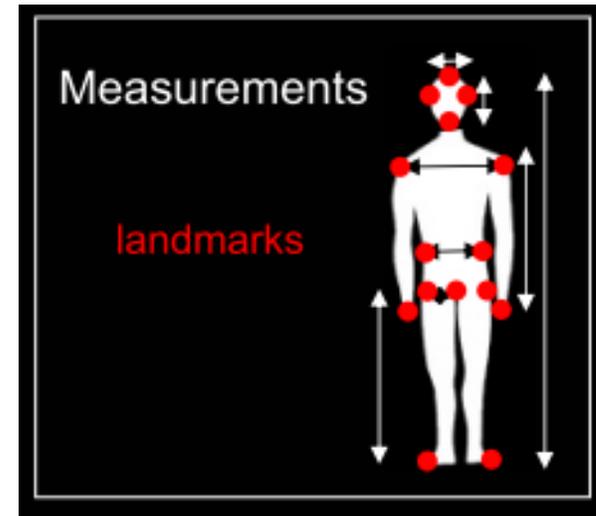


Si ottiene una nuova serie di dati trasformati che verranno poi studiati con una PCA

Morfometria geometrica

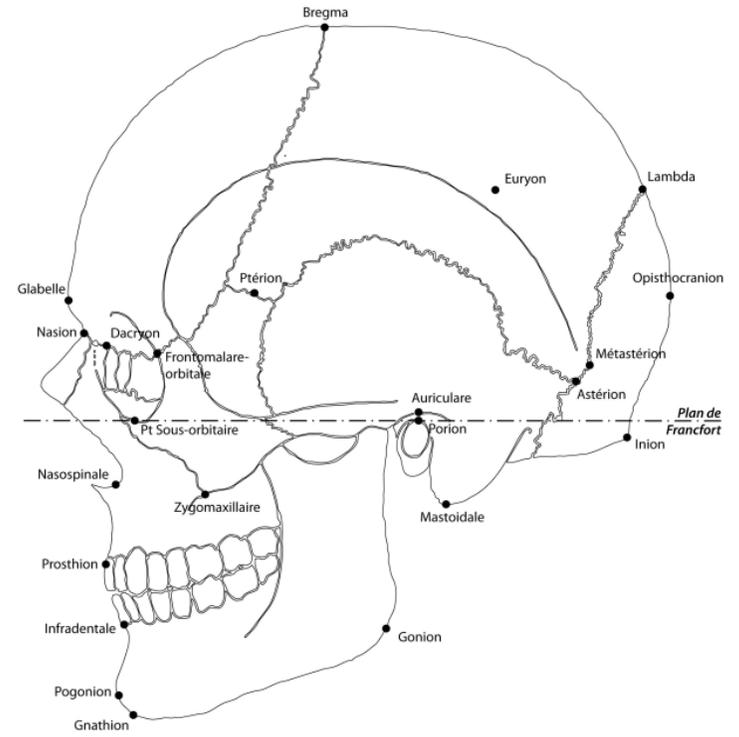
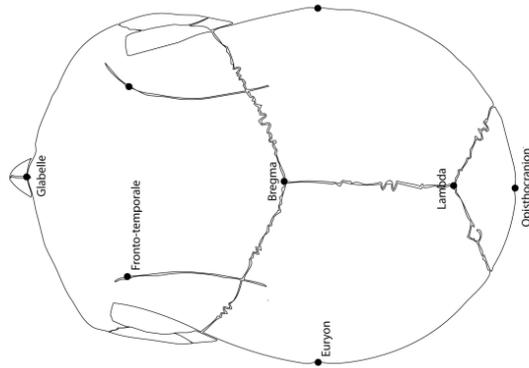
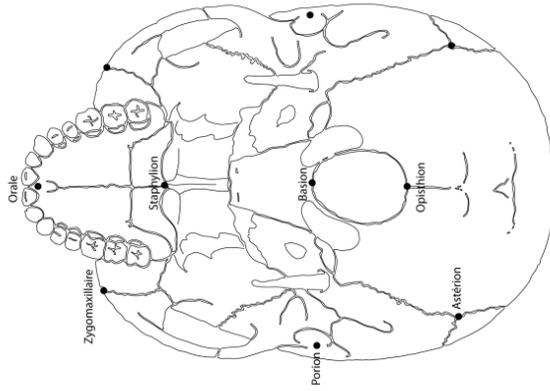


Campione



Tutte le informazioni morfometriche (geometriche) disponibili dai landmarks sono prese in considerazione per ulteriori analisi

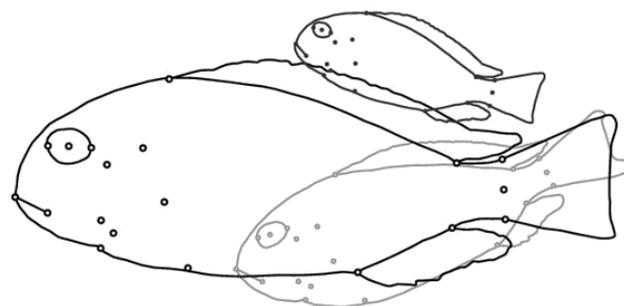
⇒ Il fattore taglia è comunque presente



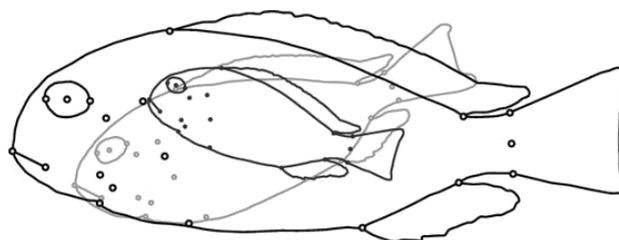
Landmarks

General Procrustes Analysis

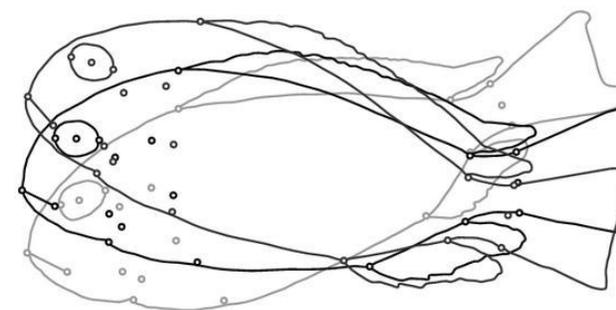
Questo metodo permette di togliere il fattore taglia



1- Configurazione originale

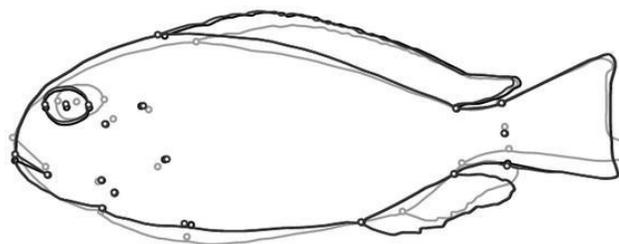


2- Il centroide di ogni configurazione è traslato all'origine



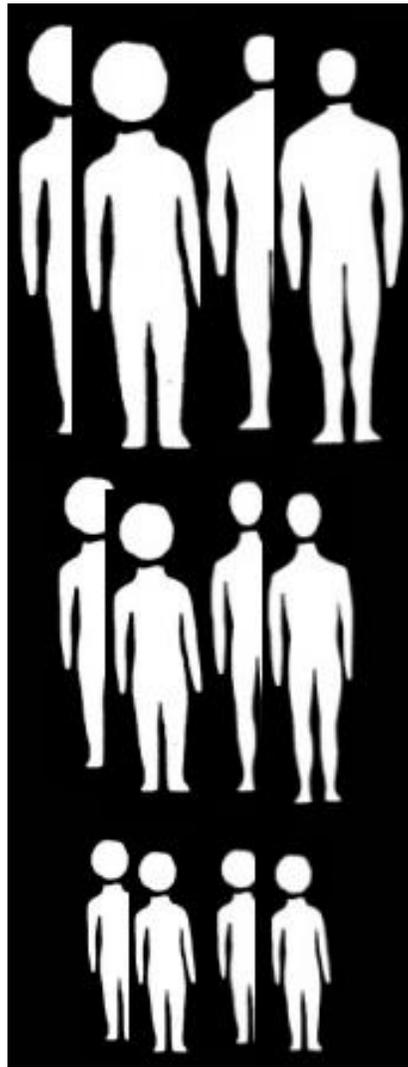
3- Le configurazioni sono successivamente scalate ad un unità di taglia comune (normalizza la taglia)

4- Le configurazioni sono rotate ottimamente per minimizzare la distanza tra i landmarks corrispondente (seguendo una procedura di minimi quadrati)

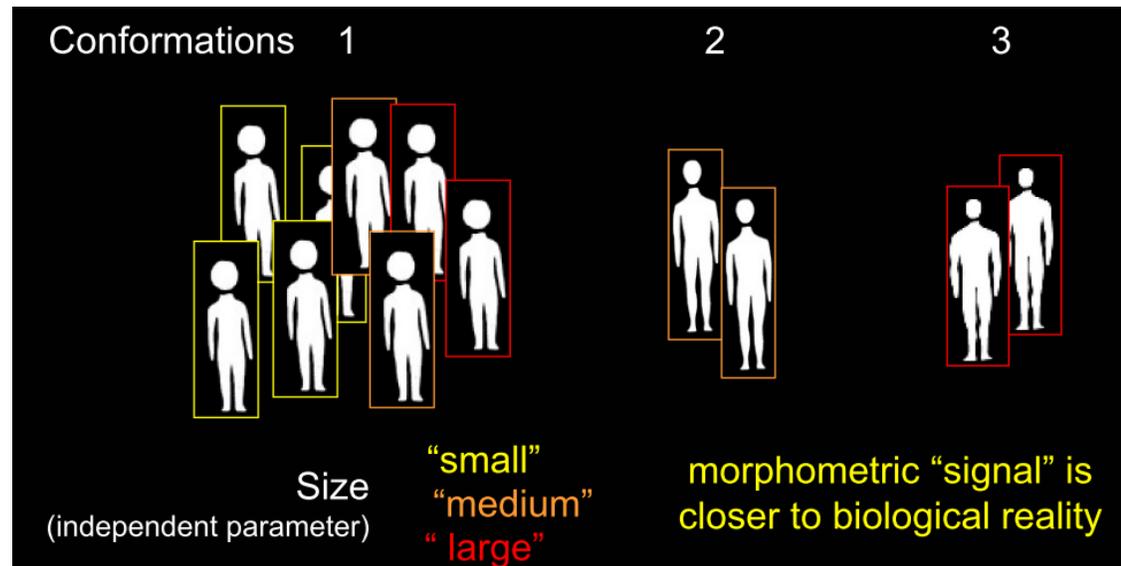
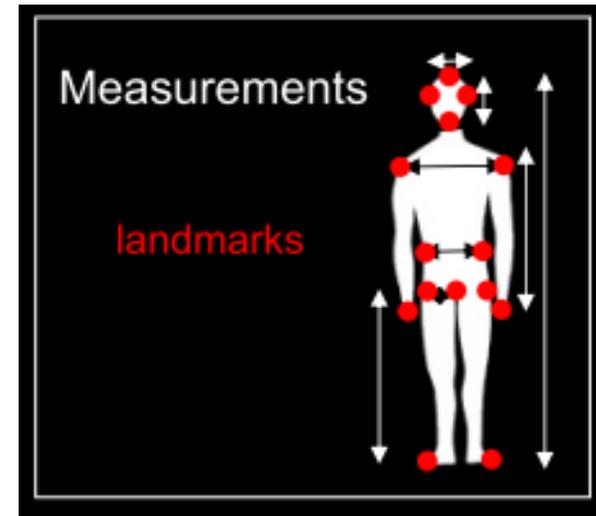


Gli scarti presentati tra i vari individui rappresentano la variabilità e le caratteristiche geometriche di ogni individuo

Morfometria geometrica



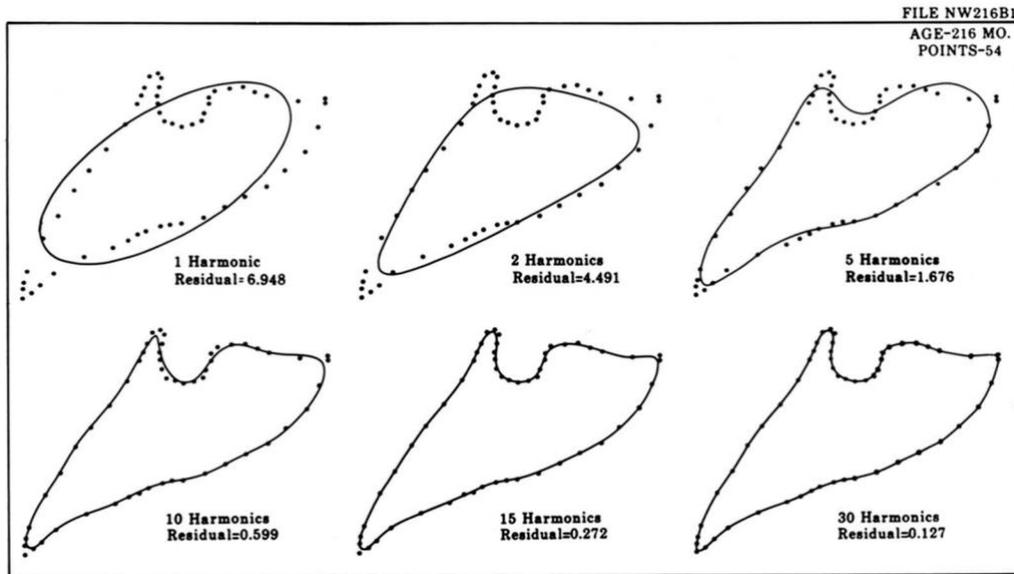
Campione



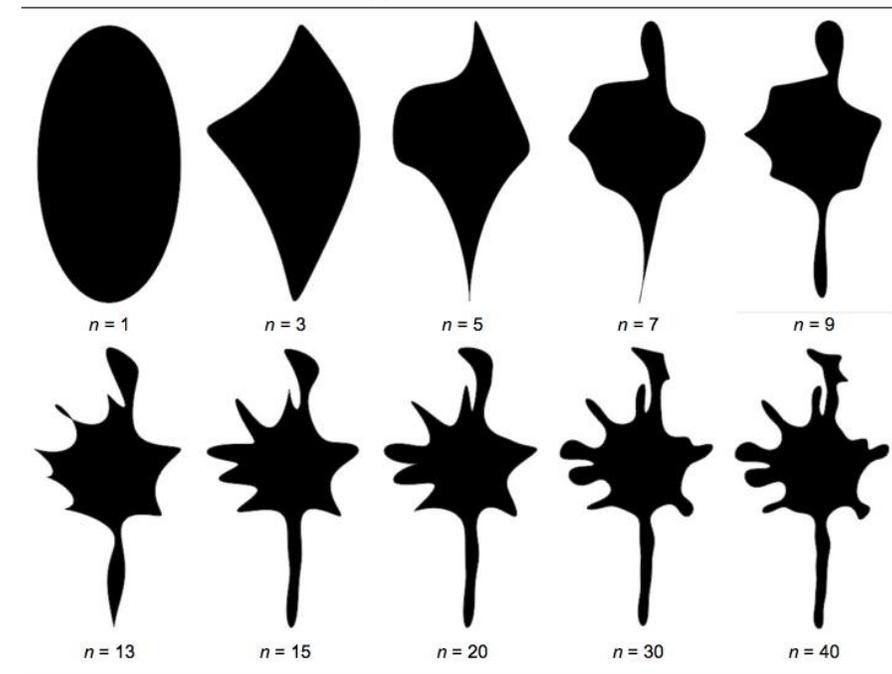
Analisi morfometriche geometriche – Applicazione dell'Elliptical Fourier Analysis

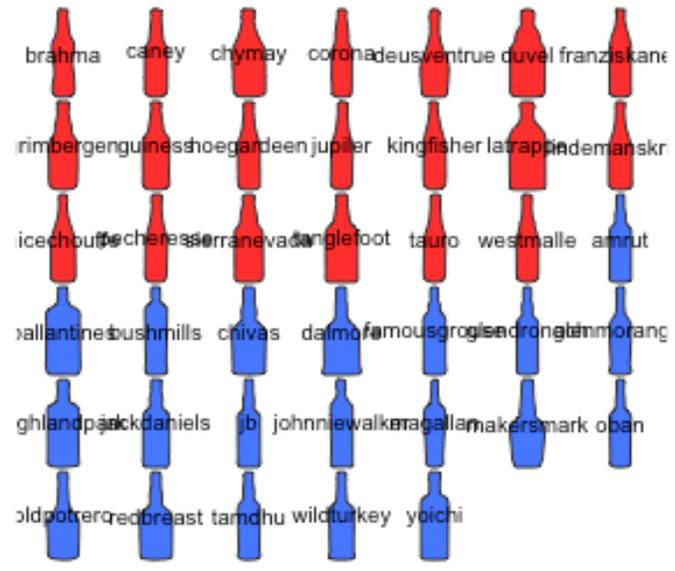
L'EFA è basato sul teorema di Fourier e presuppone che «tutte le funzioni periodiche possano essere decomposte in una serie di sinusoidi o armonici, ciascuno caratterizzato da una frequenza, un'ampiezza e una fase».

→ Quantificazione dei contorni calcolando una serie di curve teoriche che si avvicinano via via alla curva reale calcolando dei coefficienti chiamati armonici (Kuhl & Giardina, 1982).

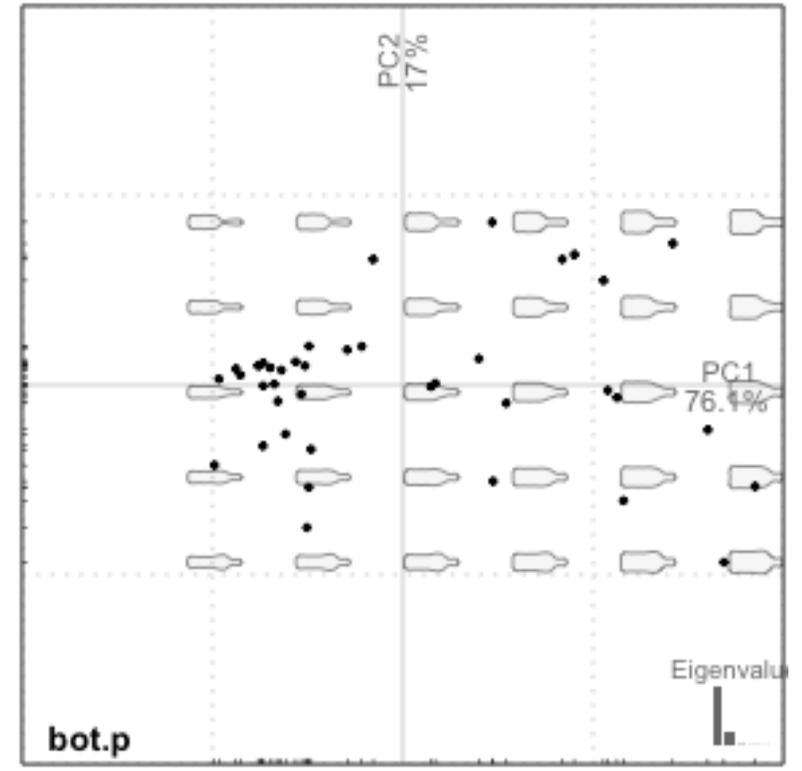
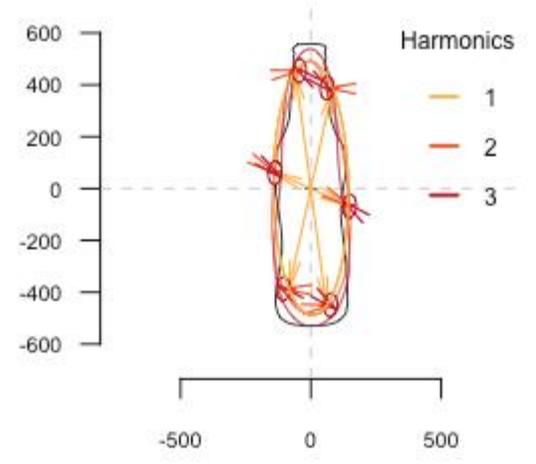
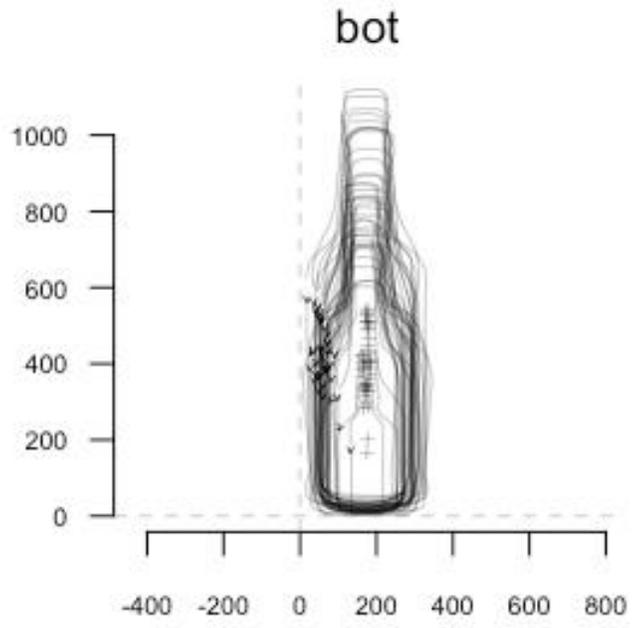


Applicazione dell'Elliptical Fourier Analysis su un contorno di un basi-cranio umano. L'analisi è illustrata come un processo graduale per mostrare le convergenze delle serie della forma presa in considerazione (Lestrel, 1989).

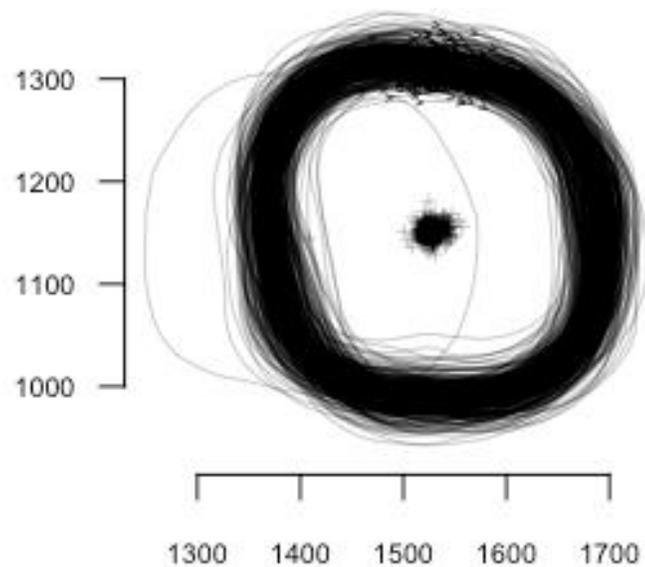




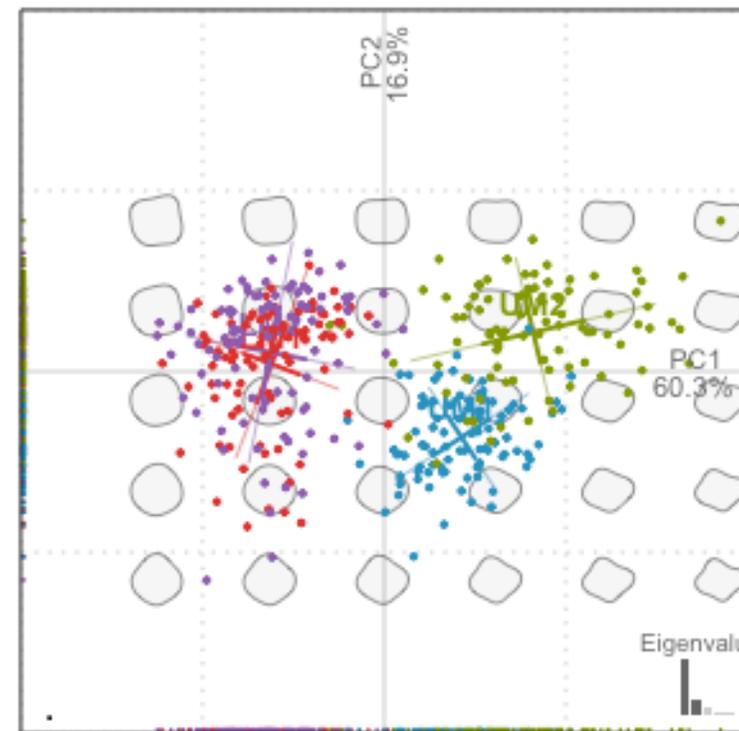
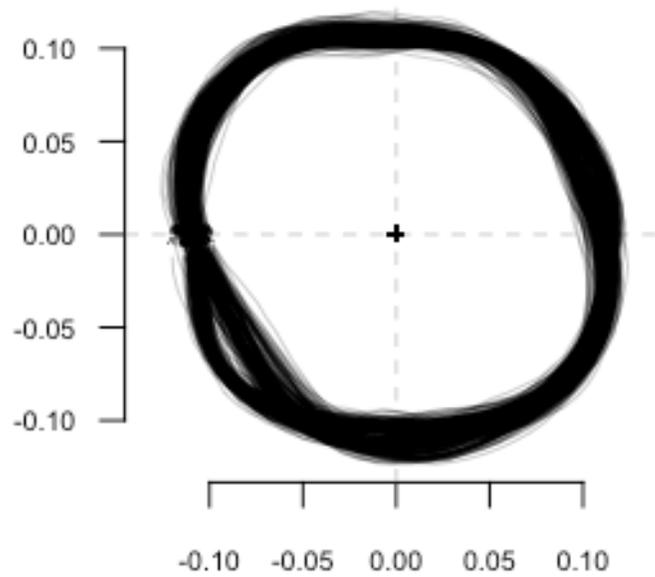
amrut



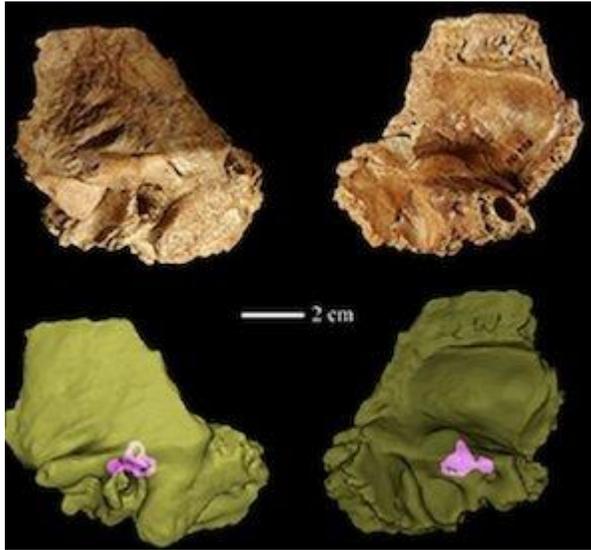
Non-aligned molars



Aligned molars

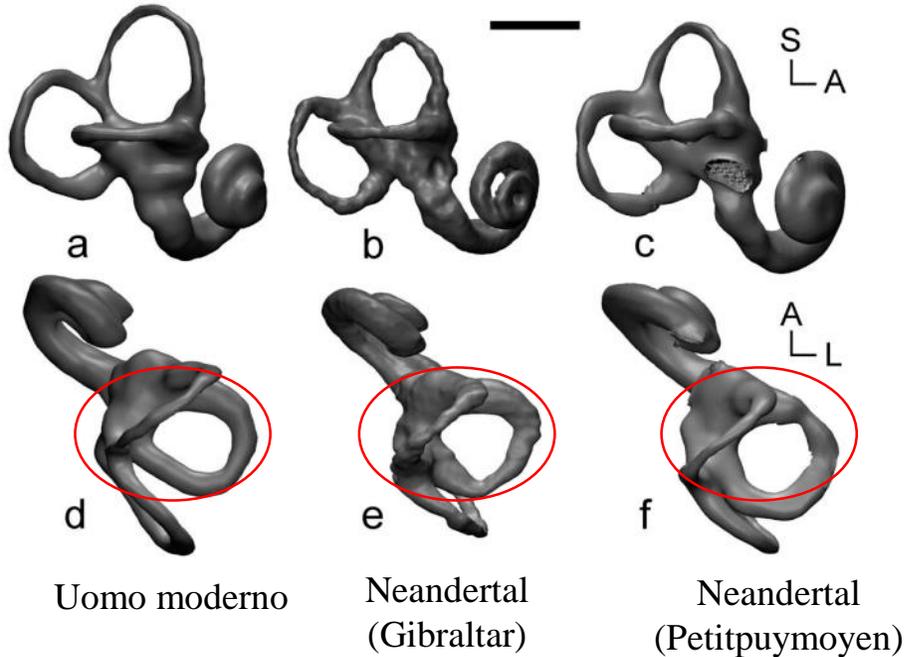


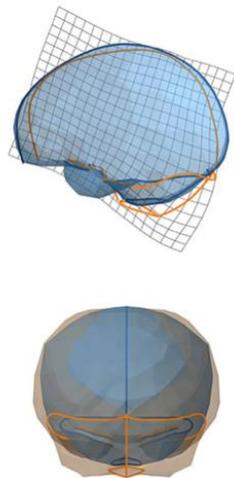
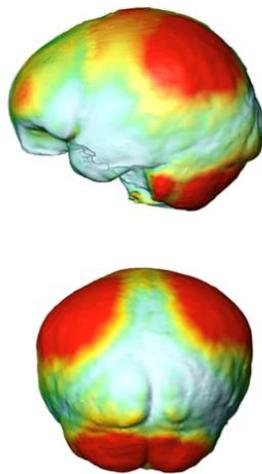
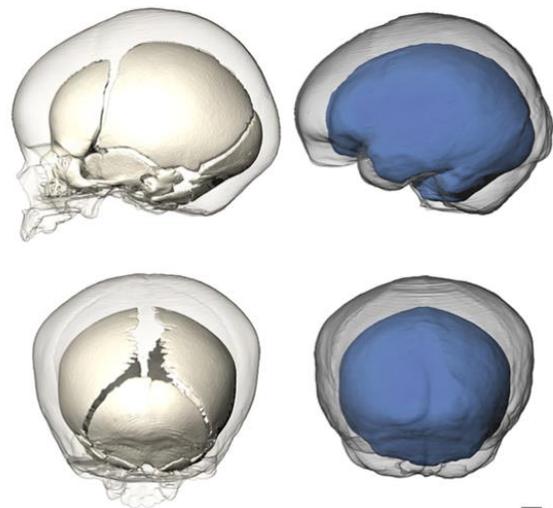
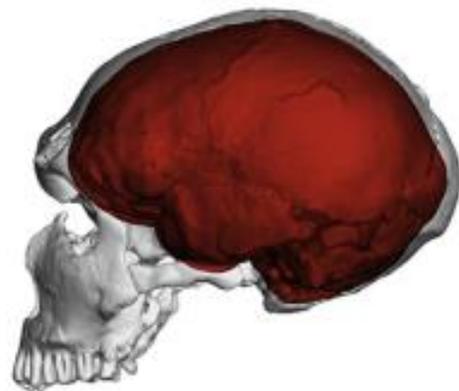
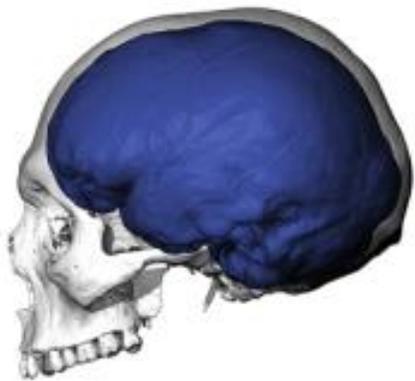
Applicazioni e casi studi



The bony labyrinth of Neandertal (Spoor, 2003)

- I risultati dimostrano che l'orecchio interno dei Neandertal si distingue nella morfologia dei uomini dell'Olocene e del Pleistocene superiore.
- Rispetto all'uomo moderno l'orecchio interno del Neandertal è caratterizzato da un arco del canale semicircolare anteriore più piccolo nel valore assoluto e relativo, abbastanza appuntito e con più torsioni





A uniquely modern human pattern of endocranial development. Insights from a new cranial reconstruction of the Neandertal newborn from Mezmaiskaya

Philipp Gunz^{a,*}, Simon Neubauer^a, Lubov Golovanova^b, Vladimir Doronichev^b, Bruno Maureille^c, Jean-Jacques Hublin^a

^aDepartment of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Leipzig, Deutscher Platz 6, D-04103 Leipzig, Germany

^bLaboratory of Prehistory, St. Petersburg 199034, Russia

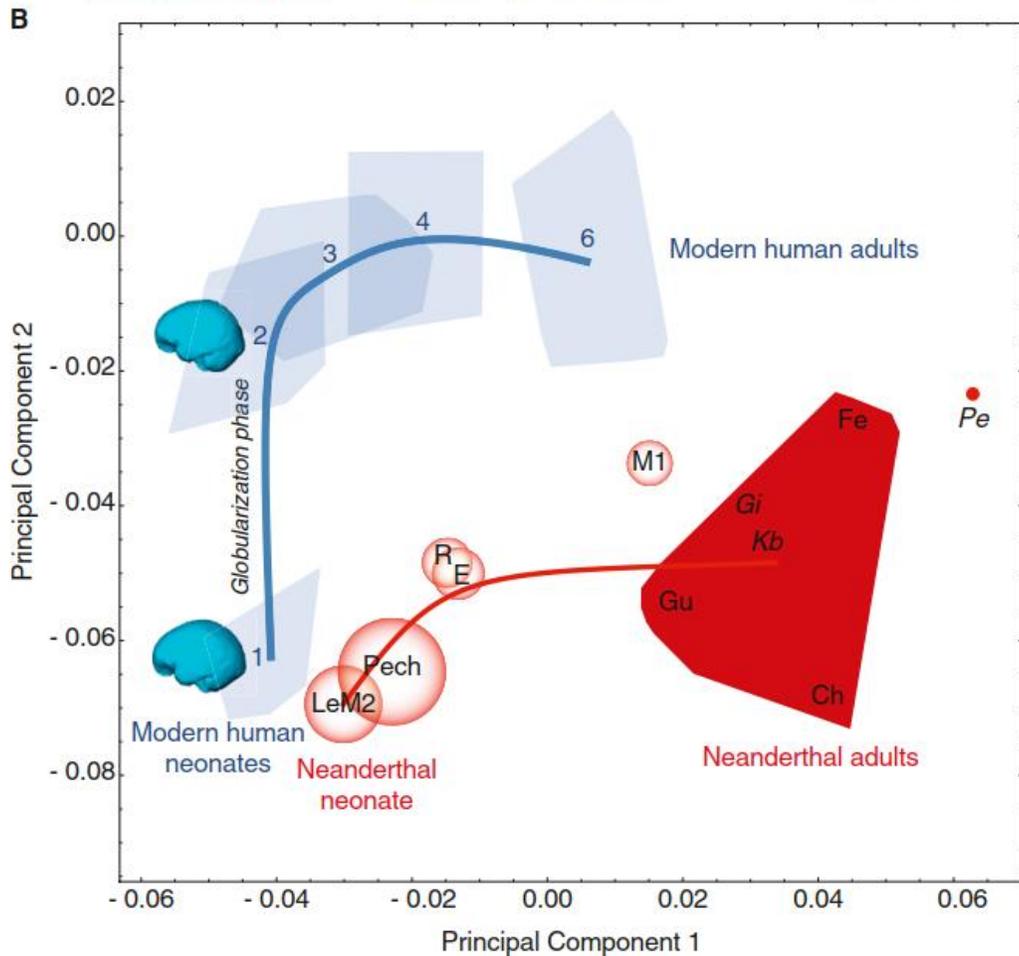
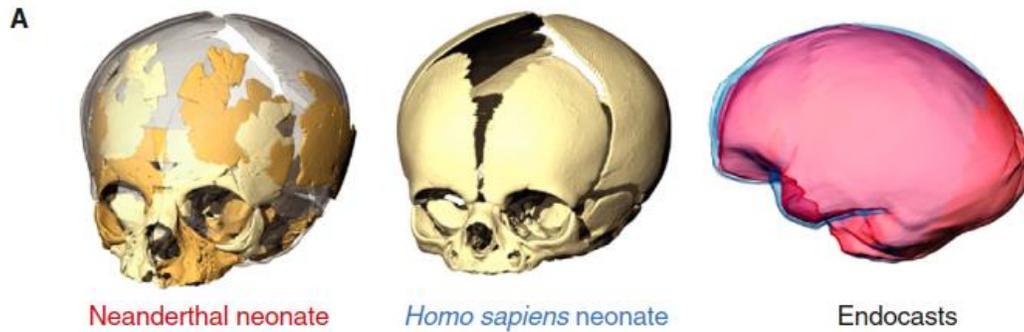
^cUniversité de Bordeaux, UMR5199 PACEA – Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, CNRS Université Bordeaux 1, MCC F-33405 Talence cedex, France

CT scans of a modern human and a Neandertal adult (La Ferrassie 1). Neandertals have elongated braincases and endocasts when compared with modern human adults. Neandertal faces are larger and more projecting than in *Homo sapiens*.

Modern human ‘globularization-phase’. Left: A modern human neonate (white: bone; blue: virtual endocast) and a one-year old *Homo sapiens* infant (semitransparent surfaces) in lateral and posterior view.

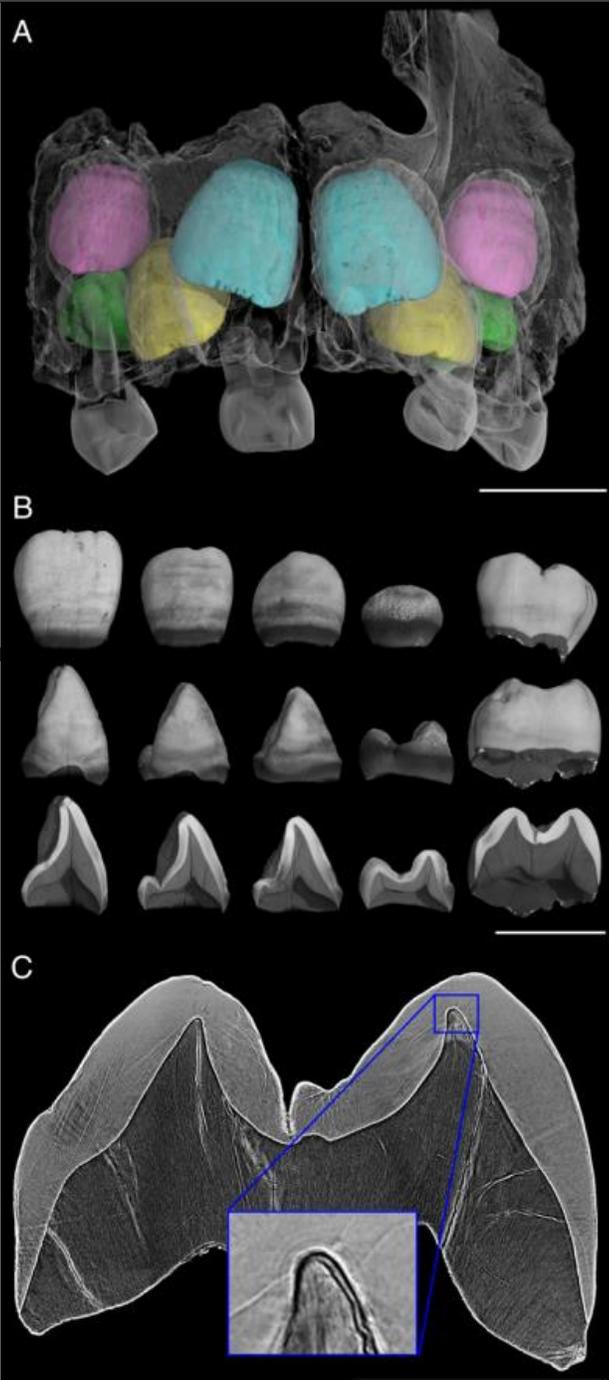
Brain development after birth differs between Neanderthals and modern humans

Philipp Gunz^{1,§,*}, Simon Neubauer^{1,§}, Bruno Maureille², and Jean-Jacques Hublin¹



At birth, Neanderthals and modern humans have very similar endocranial volumes and shapes

(red: Le Moustier 2; blue: modern human). (B) A principal component analysis of endocranial shape changes from birth (age group 1) to adulthood (age group 6). The convex hulls for modern humans (blue) are based on dental age groups. The fossil convex hull (red) is based on the Neanderthal adults only. The average developmental trajectory is plotted as a solid line. Endocranial mean shapes visualize the shape change during the modern human globularization phase between age groups 1 and 2. All fossils were reconstructed multiple times; each distribution of reconstructions falls within the respective semitransparent disks (Neanderthal specimens: LeM2 — Le Moustier 2; Pech — Pech de l’Azé; R — Roc de Marsal; E — Engis 2; M1 — Le Moustier 1; Gu — Guattari; Fe — La Ferrassie 1; Gi — Gibraltar; Ch — La Chapelle-aux-Saints. Archaic Homo: Kb — Kabwe; Pe — Petralona).

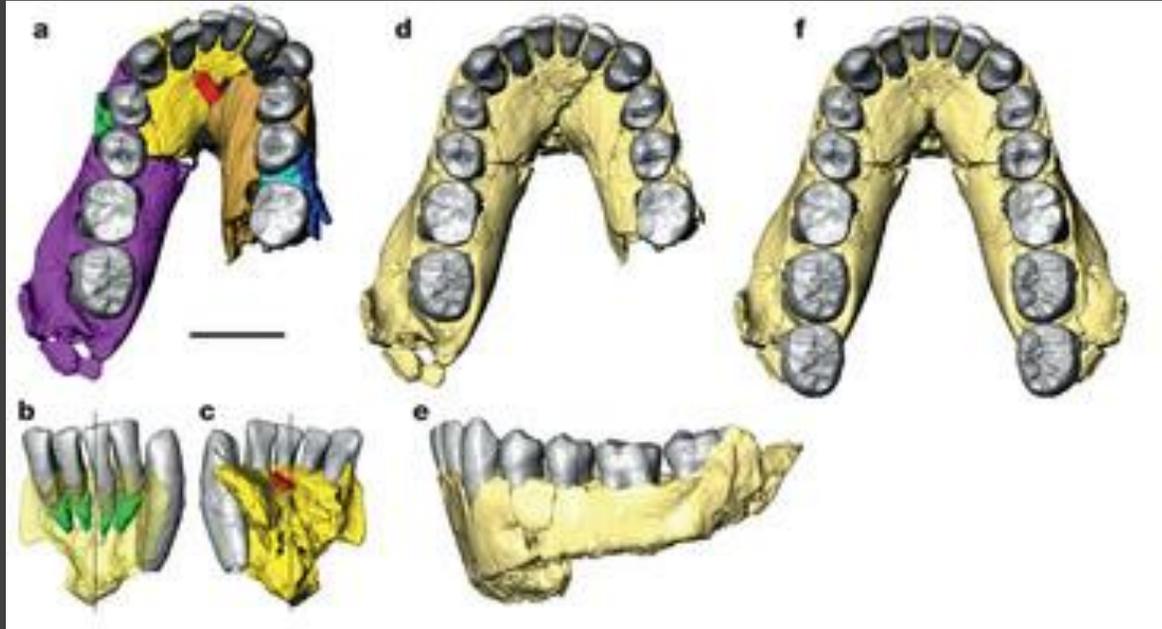


Dental evidence for ontogenetic differences between modern humans and Neanderthals

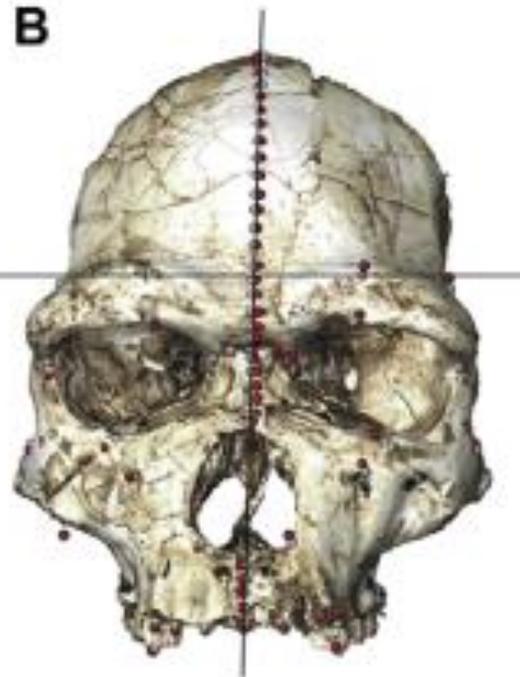
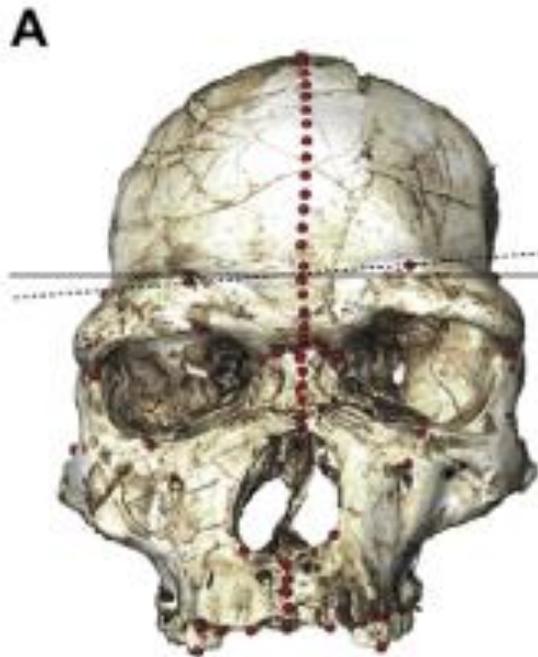
Tanya M. Smith^{a,b,1}, Paul Tafforeau^{c,1}, Donald J. Reid^d, Joane Pouech^{b,c}, Vincent Lazzari^{b,c,e}, John P. Zermeno^a, Debbie Guatelli-Steinberg^f, Anthony J. Olejniczak^g, Almut Hoffman^g, Jakov Radović^h, Masrouh Makaremiⁱ, Michel Toussaint^j, Chris Stringer^k, and Jean-Jacques Hublin^b

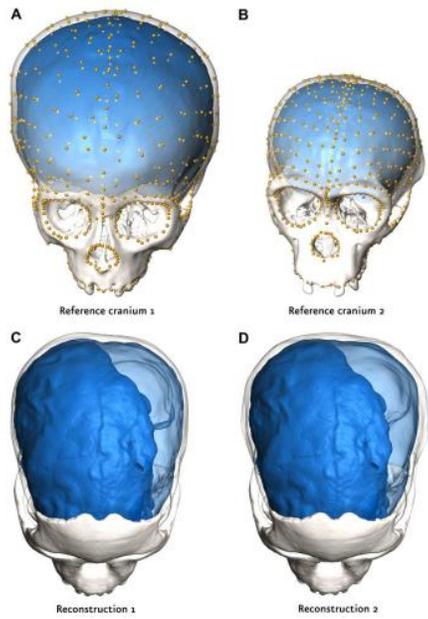
^aDepartment of Human Evolutionary Biology, Harvard University, Cambridge, MA 02138; ^bDepartment of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, 04103 Leipzig, Germany; ^cEuropean Synchrotron Radiation Facility, BP 220, 38046 Grenoble Cedex, France; ^dDepartment of Oral Biology, School of Dental Sciences, Newcastle University, Newcastle upon Tyne NE2 4BW, United Kingdom; ^eInternational Institute of Paleoanthropology and Human Paleontology: Evolution and Paleoenvironments, Unité Mixte de Recherche Centre National de la Recherche Scientifique 6046, Université de Poitiers, 86022 Poitiers cedex, France; ^fDepartment of Anthropology, Ohio State University, Columbus, OH 43210; ^gMuseum für Vor- und Frühgeschichte, Schloss Charlottenburg-Langhansbau, D-14059 Berlin, Germany; ^hCroatian Natural History Museum, 10000 Zagreb, Croatia; ⁱDepartment of Orthodontics, University of Bordeaux II, 33000 Bordeaux, France; ^jDirection de l'Archéologie, Service Public de Wallonie, 5100 Namur, Belgium; and ^kDepartment of Palaeontology, Natural History Museum, London SW7 5BD, United Kingdom

Virtual histology of the maxillary dentition from the 3-y-old Engis 2 Neanderthal.

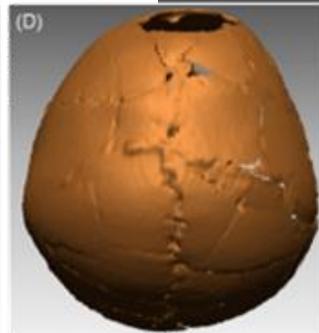
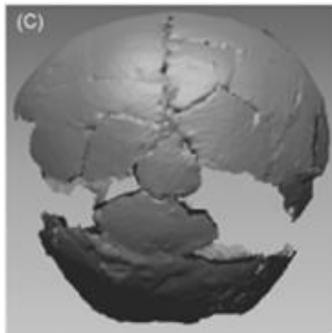
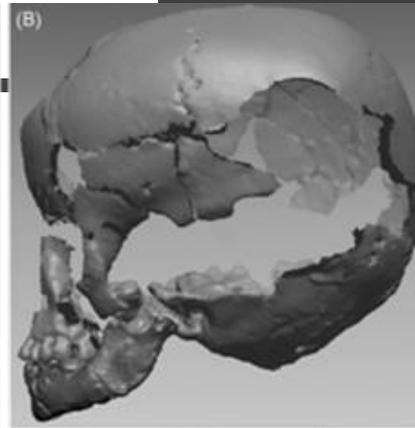
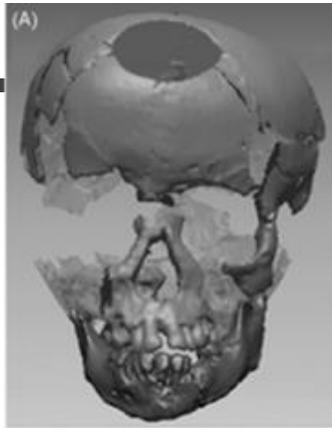
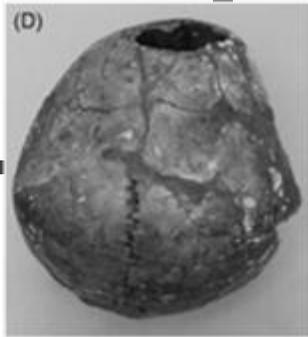
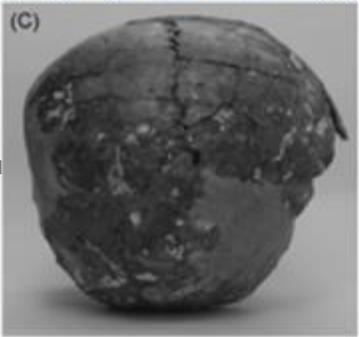
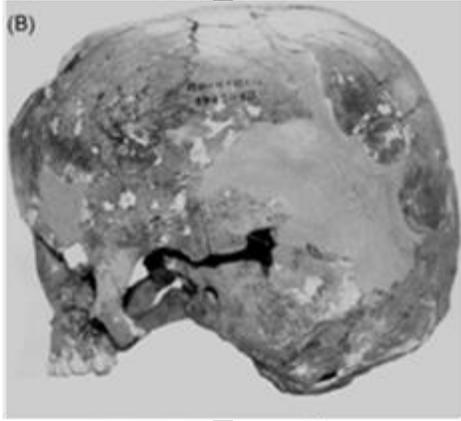


CT-based visualization of the OH 7 (*Homo habilis*) mandible (Spoor et al., 2015)





Ricostruzione del cranio di Taung. I frammenti facciali e endocraniali sono stati trasferiti e ruotati in modo che le superfici delle due parti si allineino perfettamente. Poi il lato sinistro meno completo è stato rimpiazzato dal riflesso della parte destra (Gunz *et al.*, 2009)



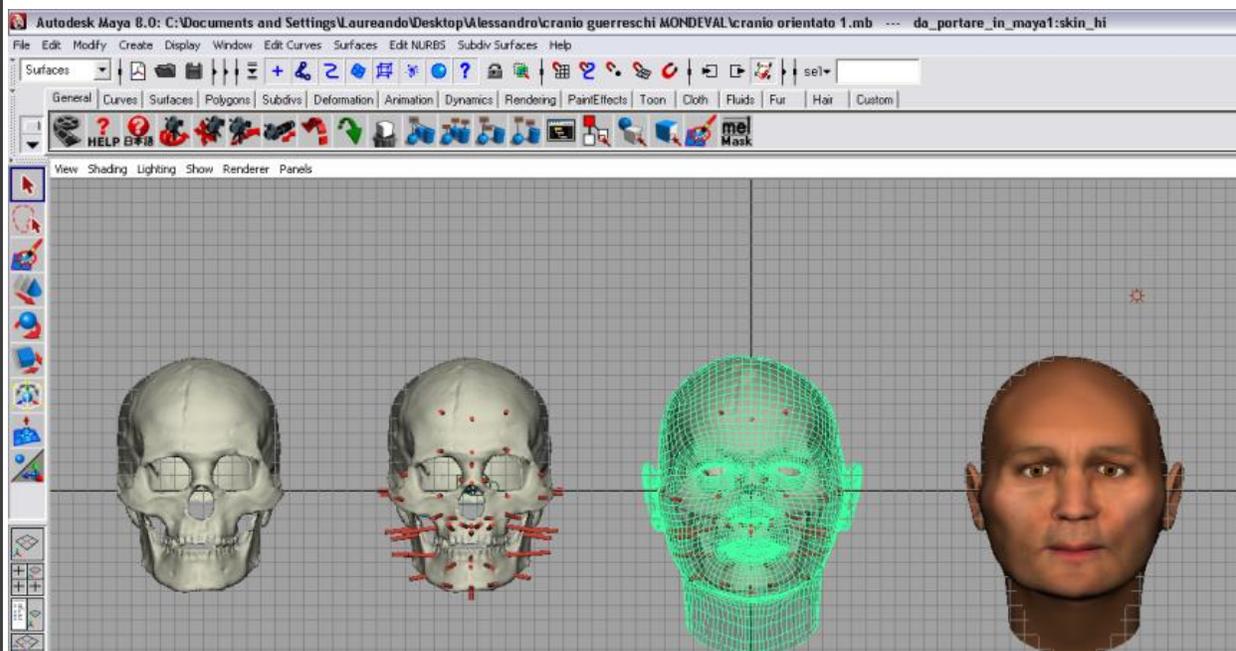
Bambino Rochereil ricostruito con materiale sintetico

Ricostruzione tri-dimensionale del cranio di Rochereil con la mandibola dopo rimozione virtuale del materiale sintetico

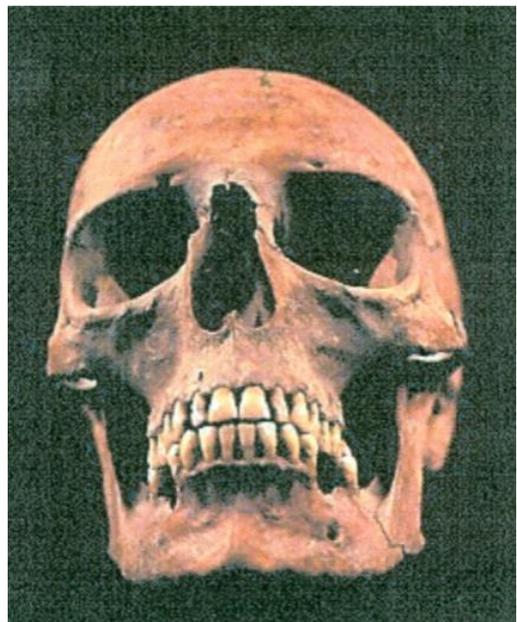


Ricostruzione facciale a partire da resti scheletrici

Uomo di Mondeval

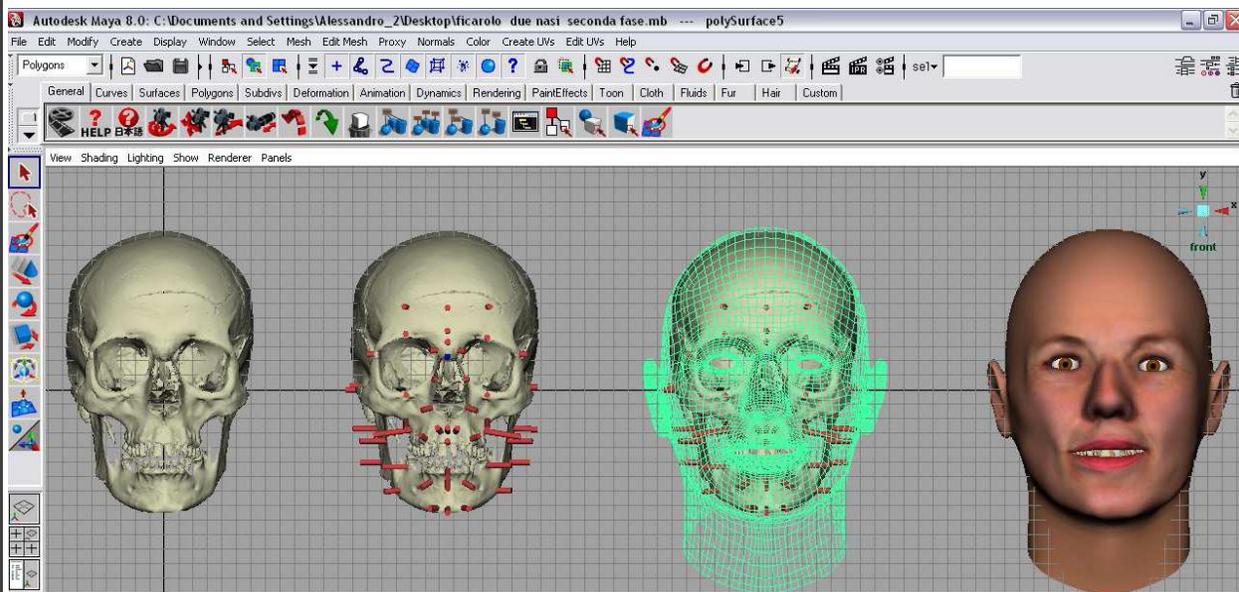


Si applica sulla scansione 3D dei landmark più o meno lunghi, nei punti craniometrici precisi. La lunghezza rappresenta lo spessore dei tessuti molli, stimati a partire dai dati di confronto della popolazione, del sesso, dell'età e della corpulenza.



Ricostruzione facciale a partire da resti scheletrici

Dama di Ficarolo



Si applica sulla scansione 3D dei landmark più o meno lunghi, nei punti craniometrici precisi. La lunghezza rappresenta lo spessore dei tessuti molli, stimati a partire dai dati di confronto della popolazione, del sesso, dell'età e della corpulenza.

Restauro virtuale nella grotta di Marsoulas (Fritz *et al.*,2010)

